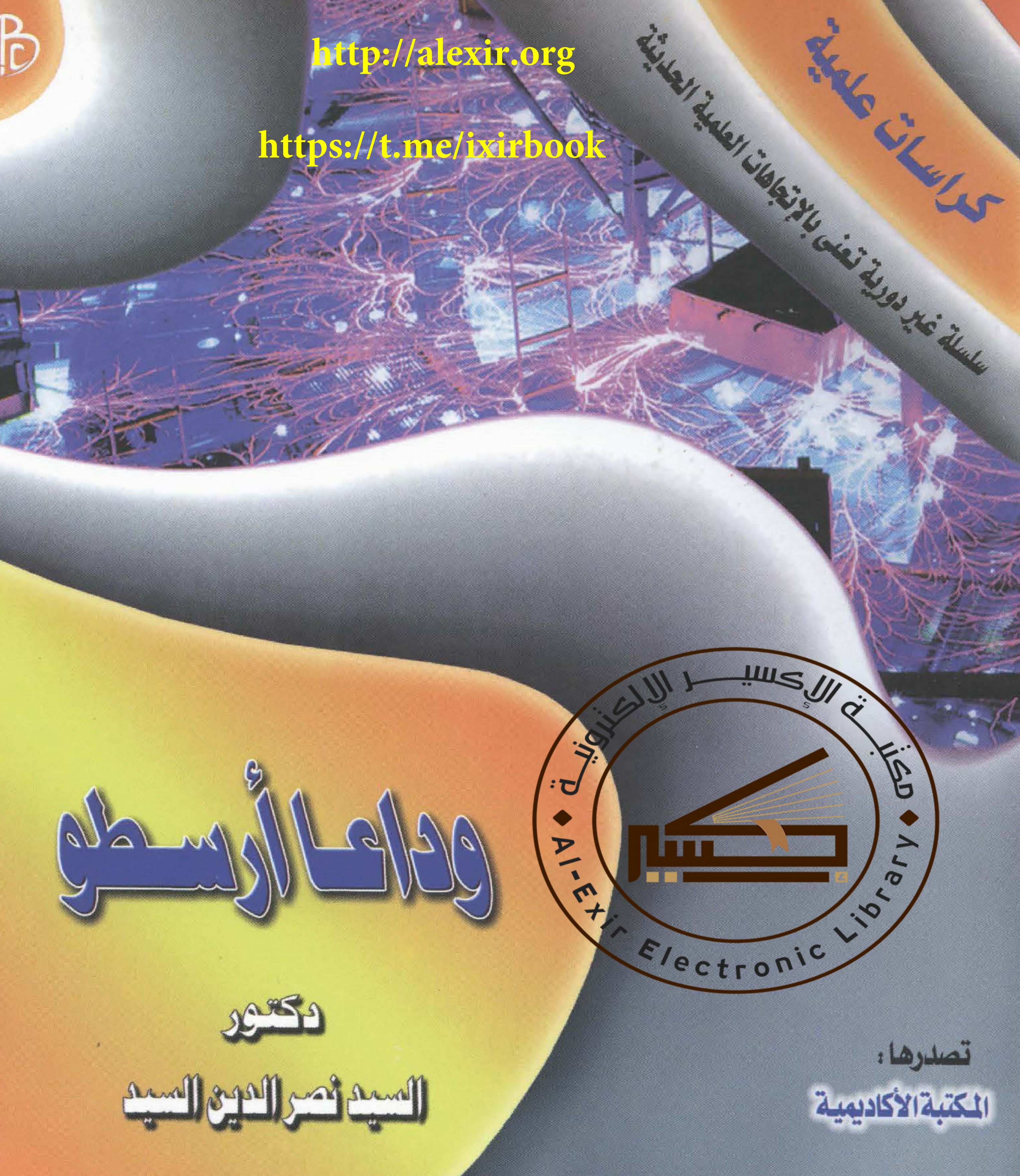


وداعا أرسطو

دكتور
السيد نصر الدين السيد

تصدرها:
المكتبة الأكاديمية

رئيس التحرير
أ. د. أحمد شوقى

مدير التحرير
أ. أحمد أمين

وداعاً أرسطو

تأليف

دكتور / السيد نصر الدين السيد

الناشر

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

٢٠٠٧

هذه السلسلة

تعد استجابة منطقية لما لقيته شقيقتها الكبرى « كراسات مستقبلية » التى بدأ ظهور أعدادها الأولى عام ١٩٩٧ ، من الترحاب والتشجيع ، المقرونين بالدعوة إلى زيادة مساحة العلم فى إصدارات السلسلة إلى أقصى حد ممكن .

لقد دفعتنا هذه الدعوة إلى التفكير فى أن نفرد للموضوعات العلمية سلسلة خاصة ، تستحقها ، فكانت هذه السلسلة ، التى تمثل تطويراً وتوسعاً فى أحد محاور «كراسات مستقبلية» ، حيث ذُكر فى مقدمتها ما نصه :

« الإلمام بمنجزات الثورة العلمية والتكنولوجية ، التى تعد قوة الدفع الرئيسية فى تشكيل العالم ، مع استيعاب تفاعلها مع الجديد فى العلوم الاجتماعية والإنسانية ، من منطلق الإيمان بوحدة المعرفة » .

ومن ملامح هذه السلسلة :

* المحافظة – على شكل المقال التفصيلى الطويل (Monograph) الذى تتميز به الكراسات عادة .

* الحرص على تقديم الاتجاهات والأفكار العلمية الجديدة ، بجانب تقديم المعارف الخاصة بمختلف المجالات الحديثة ، بشكل يسمح للقارئ « المتعلم غير المتخصص » ، الذى يمثل القارئ المستهدف للكراسات ، بالقدر الكافى من الإلمام والقدرة على المتابعة .

* وفى تقديمها للاتجاهات والمعارف العلمية الحديثة ، لن تتبنى الكراسات الشكل النمطى لتبسيط العلوم ، الذى يستهدف النجاح فى إضافة كمية – قلت أو كثرت – لبعض المعارف العلمية إلى ثقافة المتلقى . إننا لا نتعامل مع العلم كإضافة ، ولكن كمكون عضوى أصيل للثقافة المعاصرة ، وهو مكون ثرى، يتضمن المناهج والمعلومات والأفكار والاتجاهات .

* وتأكيداً لعدم النمطية ، ستتسع السلسلة للتأليف والترجمة والعرض ، وتتضمن اجتهادات التبسيط والتنظير والاستشراف ، وستنطلق من أهمية تضامن المعرفة والحكمة وارتباط العلم الحديث بالتكنولوجيا technoscience ، مع التركيز على أهمية ارتباطهما معا بالأخلاق .

وبعد ، فإننى أتقدم بالشكر إلى كل الزملاء الذين تحمسوا للفكرة ، وساهموا فى تقديم المادة العلمية للسلسلة . وباسمهم وباسمى أشكر الصديق العزيز الأستاذ العزيز الأستاذ أحمد أمين ، الناشر المثقف الذى احتفى من قبل بسلسلة « كراسات مستقبلية » ، وشجعنا على إصدار هذه السلسلة الجديدة . والله الموفق .

هذه الكراسة

في متابعة هذه السلسلة لموضوعات يندر أن نجد فيها معالجات كافية باللغة العربية، رغم أهميتها وحداثتها، قدمنا موضوع المنطق الغائم fuzzy logic من وجهة نظر فلسفية؛ الذي كتبته الدكتورة سهام النويهى، مؤكدين بذلك أن السلسلة تتعامل مع العلم بمنظور واسع يحتفى بفلسفته وتاريخه وسوسيولوچيته، واليوم نعاود طرح الموضوع من وجهة نظر علمية، يقدمها الصديق الدكتور السيد نصر الدين السيد، أستاذ إدارة المعرفة بجامعة كونكوريا بكندا . ومؤلفنا قد تخصص فى المعلوماتية، وعمل قبل رحيله الشجاع إلى كندا فى الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوچيا كأستاذ ورئيس لقسم نظم المعلومات، كما عمل باحثا زائراً فى جامعة ولاية متشيجان بالولايات المتحدة الأمريكية، وهو عضو فى العديد من الهيئات االدولية المعنية بعلوم الحاسب والمعلومات، وله العديد من المؤلفات الصادرة عن الهيئة العامة للكتاب وغيرها، وآخرها كتابان، هما كيف يفكر الحاسب، والتنوير الغائب.

لقد اختار المؤلف للكراسة عنوان «وداعاً أرسطو»، ونحن نحترم اختياره، رغم أننا نرى ونعتقد أنه يوافقنا على ذلك، أن الوداع لا يعنى الإلغاء، بقدر ما يعنى الاستيعاب والتجاوز فى مسيرة تطور الفكر البشرى، الذى احتاج إلى منطق جديد، ما كان ليحدث دون استيعاب منطق أرسطو !! إن أصالة هذه الكراسة النابعة من أصالة صاحبها تسعدنا، وتجعلنا نرحب به وبها .

أحمد شوقى

يناير ٢٠٠٧

المحتــــويـــــات

الصفحة

الفصل الأول

هذا ما جناه علينا أرسطو ...!



لم تحظ أى لغة من لغات الإنسان الطبيعية، بشتى فصائلها، بتقدير، أيا كان نوعه، من علماء الرياضيات...!. فهم ينظرون إلى كلمات تلك اللغات وتعبيراتها وتراكيبها بشك وريبة لافتقادها الدقة فى التعبير عما ينشئون من تصورات وأفكار، ويأخذون عليها جميعها غلظتها وما تحمله وما تؤدى إليه من لبس وغموض وإبهام، ولم يكتفِ هؤلاء بنظرتهم المتعالية والمزدرية للغات الإنسان الطبيعية، بل عبروا عنها بطريقة عملية فابتدعوا لغتهم الرمزية الخاصة التى ضمنوها ما اعتقدوا أنه يكفل لها دقة التعبير وانضباط الصياغة، واستخدموها فى تمثيل أفكارهم وتصوراتهم. وهكذا أصبح لأمة الرياضيات لغتها الرسمية التى يستخدمها أهلها فى التحاور فيما بينهم ولا يقبلون بغيرها بديلا. والحق فلقد ارتبط تطور الرياضيات ارتباطا وثيقا بتطور لغتها التى لم يكف أهلها، بمختلف فصائلهم، عن صقلها وضبط صيغها وتراكيبها جيلا بعد جيل.



جورج كانتور

وقد شهد النصف الثانى من القرن التاسع عشر ميلاد صيغة جديدة من صيغ هذه اللغة على يد عالم الرياضيات الألمانى جورج كانتور (١٨٤٥-١٩١٨م) وكانت هذه الصيغة هى **«الفئة»** Set التى استمدت قوتها من بساطتها المتناهية، ومن كفاءتها الفائقة على التمثيل المحكم لأكثر المفاهيم الرياضية تعقيدا وتجريدا، ومن قدرتها على التعبير البليغ عن مدركات الإنسان مادية كانت أو معنوية. و«الفئة»، كما يعرفها علماء الرياضيات، هى تعبير رمزى عن أى تجميع اختيارى لأشياء مجردة أو ملموسة، تشترك جميعها فى سمة[1] واحدة أو أكثر. فعلى سبيل المثال تعبر فئة **«الروايات المحفوظية»** (**رم**)، عن كافة الروايات التى ألفها نجيب محفوظ، أى أن:

رم = (كفاح طيبة، عبث الأقدار، رادوبيس، ...)

أما فئة «شركات إنتاج السيارات» (ش إ س)، فهى الفئة التى تضم كافة الشركات المنتجة للآلات التى تتوفر فيها سمات من قبيل: احتوائها على محرك احتراق داخلى، تتحرك على عجل مطاطى، يقودها إنسان...، أى أن:

ش إ س = (فيات فيرارى، مرسيدس، أودى، فورد، جنرال موتورز، تويوتا، فولفو، ..) وبالطبع يمكن تقليص حجم الفئة، أى إنقاص عدد أعضائها، بزيادة عدد السمات التى ينبغى أن تتوفر لديهم، كأن تضيف للسمات السابقة جنسية الشركة

(١) السمات هى الصفات التى يتمتع بها الشىء موضوع الاهتمام مضافا إليها طبيعة العلاقات التى تربطه بالأشياء الأخرى (٢).

المنتجة أو موقعها الجغرافى. ويعرف أسلوب تمثيل الفئات القائم على سرد كافة أفرادها بين القوسين { } بـ «**الطريقة الصريحة**».

وبقليل من التأمل نكتشف عدم جدوى هذه الطريقة لتمثيل الفئات، ففئة «**الكلمات العربية**»، على سبيل المثال، تضم كافة كلمات اللغة العربية قديمها وحديثها، مهجرها وشائعها، ويتطلب تمثيلها طبقا للطريقة الصريحة عدة مجلدات. وإذا كان هذا هو الوضع فى حالة «الفئات المتناهية» Finite set ، التى يمكن حصر وعد أفرادها كفئة «الكلمات العربية»، فإنه يصبح غير محتمل وغير ممكن فى حالة «الفئات اللامتناهية» Infinite set، التى لا يمكن عد أفرادها، فعلى سبيل المثال، كيف يمكن تمثيل فئة الأشياء خضراء اللون بواسطة الطريقة الصريحة؟ أو كيف يمكن استخدام الطريقة الصريحة فى تمثيل فئة لا متناهية كفئة «**الأعداد الزوجية**»، **E**، التى تضم كل الأعداد الصحيحة التى تقبل القسمة على اثنين، أى أن:

$$E = \{2, 4, 6, 8, 10,12, ...\}$$

ولم «يغلب حمار» علماء الرياضيات إزاء هذا الوضع فاتفقوا على طريقة أخرى تركز فقط على ذكر السمات التى ينبغى أن يتمتع بها أفراد الفئة، وذلك بدلا من ذكرهم فردا فردا، كما هو الحال باستخدام الطريقة الصريحة، وأطلقوا على هذه الطريقة اسم «الطريقة الضمنية» لتمثيل الفئات. فالفئة **X** التى يتمتع كل فرد من أفرادها، **x**، بالسمة (أو بمجموعة السمات) **P** يتم تمثيلها على الصور التالية:

$$X = \{x \mid x \text{ has the property } P\}$$

حيث تقرأ العلامة (|) «**حيث إن**» أو «**بشرط**». وهكذا يمكن تمثيل الفئة اللامتناهية «**الأعداد الزوجية**»، E، على الصورة التالية:

$$E = \{e \mid e \text{ is an even integer}\}$$

أما الفئة المتناهية «**الروايات المحفوظية**»، رم، فتأخذ الصورة التالية:

رم = (ر | ر هى رواية من تأليف نجيب محفوظ)

وقد أخذت هذه الصيغة الجديدة بلب أهل الرياضيات، فشغفوا باستخدامها شغفا محموما رأينا آثاره تتبدى فى أدبياتهم، سواء كانت كتبا أو مقالات متعمقة تطرح على المتخصصين أحد موضوعاتها، أو كانت كتبا مدرسية تعلم مبادئها الأولية لأطفال المدارس أو تعرض عناصرها المتقدمة لطلاب الجامعات. وهكذا رأيناهم وهم يمضون قدما فى الاستعانة بها لإعادة صياغة ما كان معروفا من مقولاتها، ويستخدمونها لاستحداث الجديد منها. وبالطبع لم يكن «**المنطق الرمزى**» Symbolic logic (أو المنطق الرياضى Mathematical logic)، الذى يعتبر الصياغة

الرمزية للمنطق التقليدى، باستثناء. فلقد طالته هو الآخر تأثيرات «الفئة» وفعلت فيه فعلها الذى سنوضحه بالنسبة لواحد من أهم مفاهيمه الأساسية وهو مفهوم «**التصور**» Concept . فالمناطقة يعرفون التصور بأنه «**فكرة مجردة كلية تعكس السمات الجوهرية للأشياء**» [١]. فهو فى عرفهم «**فكرة**» بمعنى أن وجوده ذهنى فى عقل الإنسان، وهو «**كلى**» بمعنى انطباقه على عدة أفراد. وهو فوق ذلك كله يعكس فقط تلك «**السمات الجوهرية**» التى تميز الشيء أو الموضوع المعنى عن بقية الأشياء والموضوعات. وبلغة المناطقة فإن «**كل تصور (يصدق) على أفراد و(تفهم) منه مجموعات سمات**» [١]. فكلمة «إنسان» هى التمثيل اللغوى لـ «**تصور**» يصدق على أفراد البشر الموجودين اليوم والذين وجدوا من قبل والذين سيوجدوا فى المستقبل، ويفهم منه مجموعة صفات من قبيل كائن حى، مفكر، ناطق،...، تنطبق عليهم جميعا. ويطلق على مجموع الصفات التى تفهم من اللفظ كلمة «**المفهوم**» Intension، أما الأفراد الذين يتمتعون بهذه الصفات فيطلق عليهم «**الماصدق**» Ex- tension.. وهكذا يمكننا القول بأن «**الطريقة الصريحة**» لتمثيل الفئات ليست إلا تعبيراً عن «**ما صدق**» التصور الذى تمثله الفئة، وذلك بسردها لكافة الأفراد المنتمين إليها، بينما تعبر «**الطريقة الضمنية**» عن «**مفهوم**» التصور باهتمامها بالسمات التى يتعين تمتعهم بها.

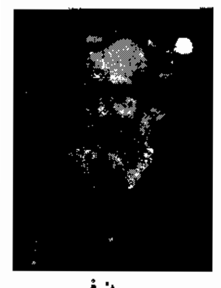
وإذا كان من طبائع الأمور أن يضع أصحاب لغة ما القواعد والقوانين التى تحكم استخدام عناصرها، من حروف ومفردات وصيغ وتراكيب، وتضبط اشتقاق تلك العناصر بعضها من البعض الآخر، فإن هذا الأمر يصبح لازما بالنسبة للغة الرياضيّات. وهكذا رأينا أهل تلك اللغة وهم يقننون لكيفية استخدام الصيغة الجديدة، الفئة، ويضعون قواعد التعامل معها، ومن أهم هذه القواعد تلك التى تحدد كيفية تكون فئات جديدة من تلك الموجودة فعلا، أو بعبارة أخرى «القواعد الصرفية» لاشتقاق الفئات..!. وأولى هذه القواعد هى قاعدة «**اتحاد الفئات**» Union التى تنص على أنه يمكن ضم فئتين (أو أكثر) معا لتشكلا فئة جديدة تضم معا كلاً من عناصرهما، ويرمز لها بالصيغة:

$$X \cup Y$$

حيث يرمز الحرف X إلى الفئة الأولى، ولتكن على سبيل المثال فئة (النساء ذوات الشعر الأسود)، ويرمز الحرف Y إلى الفئة الثانية، ولتكن فئة (النساء ذوات الشعر الكستنائى)، ويشير الرمز $\cup$ إلى عملية الاتحاد بينهما. أى أن الفئة الناتجة عن اتحاد الفئتين X. Y تضم (كل النساء من ذوات الشعر الأسود والشعر الكستنائى) على السواء. هذا ويمكن التعبير رمزيا عن الفئة الناشئة عن اتحاد الفئتين X . Y (أى الفئة التى تحتوى على عناصر كل من الفئتين) كمايلى:

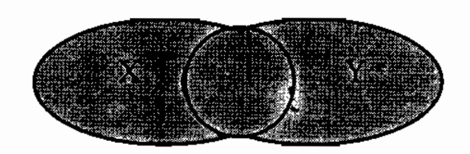
$$X \cup Y = \{a \mid a \varepsilon X \text{ or } a \varepsilon Y\}$$

حيث يستخدم الرمز $\cup$ للإشارة إلى انتماء العنصر a إلى فئة بعينها.



جون فن

ولما كانت لغة الرموز لا تقتصر فقط على حروف اللغات الطبيعية، بل تتسع لتشمل الرسوم والأشكال، فإن عالم الرياضيات الإنجليزى جون فون (١٨٣٤ - ١٩٢٣م) J. Venn قد ابتدع طريقة بسيطة لتصوير تلك القواعد. وتقوم هذه الطريقة على تمثيل الفئة، أى فئة، بواسطة شكل ما قد يكون دائرة أو مربعاً أو أى شكل آخر يتم الاتفاق عليه. أما الفئة الناتجة عن أى عملية يتم إجراؤها على فئتين أو أكثر فيرمز لها بالجزء المظلل من الأشكال المستخدمة. وهكذا يمثل الشكل (١-١) مخطط فن لتمثيل الفئة الناتجة من اتحاد الفئتان X , Y .

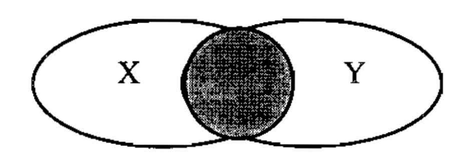


الشكل (١-١) : مخطط فن لاتحاد الفئات

أما ثانى هذه القواعد فهى قاعدة «**تقاطع الفئات**» Intersection التى يرمز لها بالرمز $\cap$. فعلى سبيل المثال إذا كانت الفئة x هى فئة (النساء ذوات الشعر الأسود)، وكانت الفئة Y هى فئة (النساء ذوات العيون الخضراء)، فإن الفئة الناتجة من تقاطعهما $(X \cap Y)$ هى الفئة التى تحتوى على (النساء ذوات الشعر الأسود والعيون الخضراء). هذا ويمكن التعبير رمزيا عن الفئة الناتجة من تقاطع فئتين كمايلى:

$$X \cap Y = \{a \mid a \varepsilon X \text{ and } a \varepsilon Y\}$$

أى أنها الفئة التى تضم فقط تلك العناصر التى تتواجد فى كل من الفئتين. ويمثل الشكل (١-٢) مخطط فن لتقاطع الفئتان X , Y ، حيث يمثل الجزء المظلل الفئة $X \cap Y$ الناتجة من تقاطعهما.

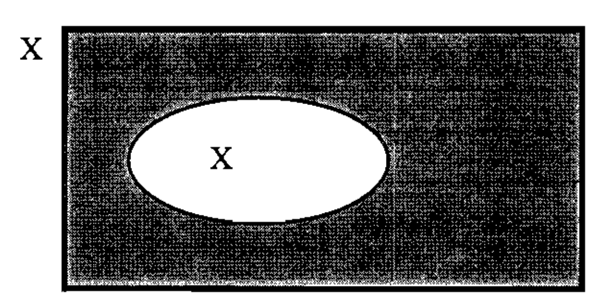


الشكل (١-٢) : مخطط فن لتقاطع الفئات

ويتطلب التعرض لثالث تلك القواعد وهى قاعدة **«نفى الفئة»** التى تنشئ فئة جديدة هى **«متمم الفئة»** Complement ، تعريفا لنوع خاص من الفئات هو **«الفئة الكونية»** Universal set أو فئة **«عالم المقال»** Universe of discourse التى يرمز لها عادة بالرمز U ، وتضم فى طياتها كافة عناصر الموضوع قيد الاهتمام، سواء كنا معنيين بجميع تلك العناصر أو ببعضها فقط. فإذا افترضنا أننا معنيون بالفئة التى تقتصر عضويتها على **«سكان الإسكندرية»** فقط، فى هذه الحالة تصبح فئة **«عالم المقال»**، أو **«الفئة الكونية»**، هى فئة كل **«سكان مصر»**. وانطلاقا من تعريفنا للفئة الكونية يمكننا تعريف «الفئة المتممة» لفئة «سكان الإسكندرية» بأنها الفئة التى تضم كل سكان مصر باستثناء أولئك الذين يقطنون مدينة الإسكندرية. وبشكل أكثر عمومية إذا كان لدينا أى فئة X وفئة كونية لعالم مقالها U فإن الفئة المتممة لها، والتى يرمز لها بالرمز 'X، تعرف بواسطة الصيغة التالية:

$$'X = \{a \mid a \in U \text{ and } \notin X\}$$

حيث الرمز $\notin$ يعنى أن a لا تنتمى إلى الفئة X. ويمثل الشكل (١-٣) مخطط الفئة المتممة للفئة X .



الشكل (١-٣) : مخطط فن للفئة المتممة للفئة X

وكما أنشأ علماء الرياضيات «قواعد صرفية» لاشتقاق الفئات بعضها من البعض الآخر، رأيناهم أيضا يضعون الضوابط الصارمة لتمثيلها ولتحديد شروط الانتماء إليها. فوجدناهم يقررون أن **«انتماء»** شيء لفئة بعينها تعبر عن تصور ما، هو أمر مرهون بتمتع هذا الشيء بسمة (أو بسمات) محددة تؤدى غيبتها أو (غيبة أى منها) إلى نزع هذا الانتماء عنه، فى حسم صارم لا تهاون فيه. وكعادة أهل الرياضيات المولعين بالاقتصاد فى الكلام وبالاسراف فى استخدام الرموز، رأيناهم يعبرون عن هذا الأمر باستخدام دالة بسيطة **«ثنائية القيمة»**[١] أسموها **«دالة الانتماء»** Membership function، واختاروا لها كعادتهم أحد حروف اللغة اليونانية **«ميو»** μ ليكون رمزا لها. ودالة الإنتماء هذه إن إما تساوى واحد صحيح فى حالة تمتع

(١) أى الدالة التى لها قيمتان فقط.

الشــيء بالسمة المطلوبة التى تؤهله لعضوية الفئة موضع الاهتمام معبرة بقيمتها هــذه عن انتمائه للفئة، أو أن تساوى صفراً فى حالة عدم تمتعه بهذه السمة، معـبرة بهذة القيمة عن نفـــى هذا الانتماء. ويمكن التعبير رمزيــا عــن دالة انتـماء الشــيء a للفئة X التى توصفها السمة (أو مجموعة السمات) P على الوجه الآتى:

إذا تمتع الشيء a بالسمة P فإن:

$$\mu_X (a) = 1$$

أى أن: $a \varepsilon X$ (a تنتمى للفئة X)

إذا لم يتمتع الشيء a بالسمة P فإن:

$$\mu_X (a) = 0$$

أى أن : $a \not\varepsilon X$ (a لا تنتمى للفئة X).

حيث $\mu_X (a)$ هى «دالة انتـماء» الشيء a إلى الفئة المرموز إليها بالرمز X. والآن إذا اعتبرنا فئة «سكان مصر» هى فئتنا الكونية U، وأن فئـة «قاطنى الإسكندرية» هى الفئة موضع الاهتمام X، لأمكننا أن نضع تعريفا أكثر عمومية لدالة الانتماء للفئات المحددة، بوصفها:

> **«الدالة التى تخـصص لكل عـضـو من أعـضـاء فئـة عـالم المقـال (الفئـة الكونية) U عددا، إما واحد أو صفر، يحدد انتماءه للفئة X من عدمه».**

أى أن فئة القيم الممكنة لـ «**دالة انتماء**» الفئات المتحددة هى الفئة التى تضم عنصرين فقط، {1 , 0} . وكعادة أهل الرياضيات فهم يمثلون دالة الانتـماء هذه على الصورة الرمزية التالية:

$$\mu_X (a): U \rightarrow \{0 , 1\}$$

والآن يمكننا بالاستعانة بدالة الانتماء هذه باستحداث طريقة جديدة لتمثيل الفئات الثلاث المشتقة الناتجة من عمليات اتحاد الفئات وتقاطعها ونفيها. فالفئة الناتجة من اتحاد الفئتين X و Y يمكن تمثيلها بالجدول التالى:

$\mu_x \cup y\ (a)$	$\mu_Y\ (a)$	$\mu Y\ (a)$
1	1	1
1	0	1
1	1	0
0	0	0

أى أن انتماء العنصر a لأى من الفئتين X و Y يؤهلها لعضوية الفئة $X \cup Y$.

أما الفئة الناتجة من تقاطع الفئتين X و Y فيمكن تمثيلها على النحو التالى:

$\mu_x \cap y\ (a)$	$\mu_X\ (a)$	$\mu x\ (a)$
1	1	1
0	0	1
0	1	0
0	0	0

أى أنه لكى يتمتع عنصر ما a بعضوية الفئة $X \cap Y$ فلابد أن يكون منتميا لكل من الفئتين X و Y فى نفس الوقت .

وأخيرا تمثل الفئة المتممة للفئة X (أى نفيها) بالجدول التالى:

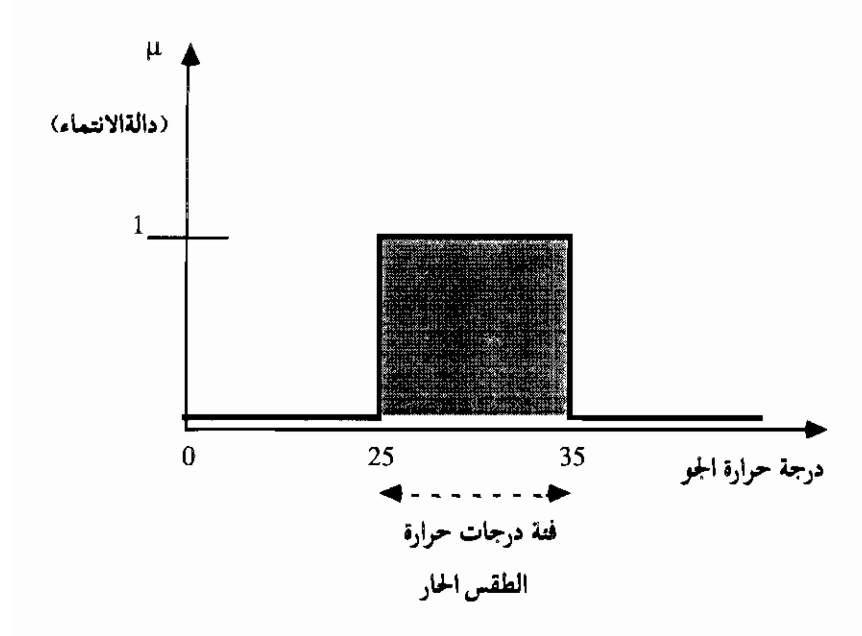
$\mu_X\ (a)$	$\mu x\ (a)$
0	1
1	0

والحق أن هذا التمثيل الجدولى للفئات المشتقة ليس إلا أحد صور التعبير عن ما يعـــرف بلغة المنطق الرمزى بجداول صدق القضايا المركبة. وهى القضايا التى يمكن تكوينها من القضايا الأولية (أى الجمل الخبرية التى يمكن الحكم بصدق أو بكذب ما تخبرنا به) باستخدام الروابط المنطقية الثلاثية: «**الوصل** (و)» Conjunction **(and)** ، و«**الفصل** (أو)» Disjunction **(or)** ، و«**النفى**» Negation .

والآن فلنحاول استخدام صيغة «الفئة المحددة»[1] Crisp set هذه للتعبير عن تصور ما، وليكن «الطقس الحار». فى البداية سيتعين علينا تحديد درجات الحرارة،التى نرى أنها تعبر عن إحساسنا بحرارة الطقس،تحديدا دقيقا، ولتكن درجات الحرارة تلك هى التى تساوى أو تزيد عن ٢٥م أو تساوى وتقل عن ٣٥م. أى أن الفئة المحددة التى تعبر عن تصور «الطقس الحار» يمكن تمثيلها كما يلى (انظر الشكل ١-٤) :

الطقس الحار = { [د| ٣٥ ≥ د ≥ ٢٥] }

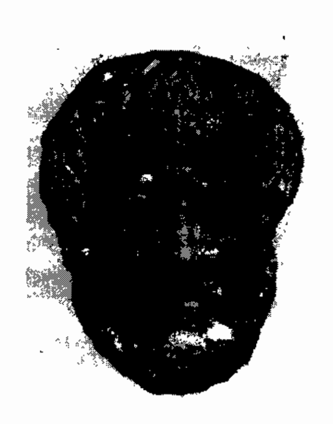
وهكذا إن أعلنت هيئة الأرصاد الجوية أن متوسط درجة حرارة «الغد» ستكون ٣٥,٥م، فإن طقس هذا الغد لن يكون، طبقا للتعريف الذى تحدده فئة «الطقس الحار» السابقة، طقسا حارا...!... حيث إن درجة ٣٥,٥م لا تنتمى إليها. وهنا سيكون لزاما علينا أن ننشئ فئة جديدة لتعبر عن تصورنا لحالة الطقس الذى درجة حرارته ٣٥,٥م أو أكثر ولتكن مثلا فئة «الطقس شديد الحرارة» ونضمنها على سبيل المثال درجات الحرارة التى تساوى أو تزيد عن ٣٥,٥م وتقل أو تساوى ٤٥م. وهكذا سيتعين علينا إنشاء العديد من الفئات المحددة التى تعكس تصوراتنا عن أحوال الطقس المختلفة بتقلباتها ما بين البارد والحار.



الشكل (١-٤) : تمثيل بيانى لدالة انتماء فئة «الطقس الحار»

وهذا السلوك الباتر لدالة انتماء «**الفئات المحددة**» Crisp sets ليس، فى حقيقة الأمر، إلا صورة من الصور العديدة لواحد من أهم قوانين المنطق التقليدى الذى وضع أسسه

(١) يطلق على الفئات ذات دالة الانتماء ثنائية القيمة اسم «الفئات المحددة» لتمييزها عن الفئات الغائمة» Fuzzy sets التى سنعرض لها فى الفصل الثانى.


أرسطو

أرسطو (٣٨٤ - ٣٢٢ ق.م) منذ أكثر من ألفى سنة. إنه «قانون الثالث المرفوع» Law of the excluded middle (tertum non datur) الذى ينص، فى صورته اللفظية على «إن الحكم بصحة أمر من الأمور لا يخرج عن اثنين: فهو إما أن يكون صائبا (صادقا)، أو أن يكون خاطئا (كاذب)». أى أنه القانون الذى لا يسمح إلا باختيار واحد من بين بديلين يستبعد كل منهما الآخر. إنه قانون (إما... أو....) الذى لا يسمح بالبين بين فى الحكم على الأشياء. وبهذا يصبح المنطق التقليدى منطقا «ثنائى القيم» لا تحتوى فئة قيمه، أو أحكامه على الأشياء، إلا على حكمين (أو قيمتين) فقط هما: الصدق (ص) والكذب (ك) ، أى أن:

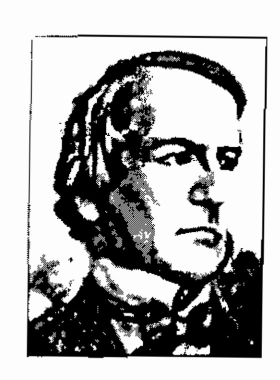
قيم الحكم على أمر ما = (صادق ، كاذب)

أو بصياغة أخرى:

قيم الصدق للمنطق الأرسطى = {1 , 0}

حيث تشير القيمة (1) إلى صدق (أو صواب) القضية المطروحة صدقا خالصا لا ريبة فيه، وتشير قيمتها الأخرى (0) إلى **كذبها** (أو خطئها) كذبا بيناً لا شك فيه.

وهكذا يختزل المنطق الأرسطى، وما انبنى عليه من نظم منطقية، ثراء ألوان الواقع المعيش والملموس إلى لونين فقط هما الأبيض والأسود رافضا الاعتراف حتى بوجود الرماديات. والحق، وبالرغم من هذا الاختزال، فلقد أحدث المنطق التقليدى، منذ نشأته قبل ألفى عام، ثورة حقيقية فى فكر الإنسان بوصفه **«آلة قانونية تعصم مراعاتها الذهن من الخطأ»** . فلقد زود هذا المنطق الإنسان بمجموعة متكاملة ومتسقة من المبادئ والقواعد والقوانين التى تسمح له بضبط صياغة أفكاره وباشتقاق المزيد منها، وبآليات تكفل له عدم تضاربها أو تناقضها. وعلى مدى ألفى عام أسهمت الأجيال المتعاقبة من المناطق وعلماء الرياضيات فى تطوير هذه «الآلة الذهنية» وفى صقلها، وفى اشتقاق نظم منطقية تقوم على أسسها، مثل **«حساب المحمول»** Predicate Calculus و**«الجبر البولى»** Boolean Algebra ، نسبة إلى عالم المنطق الإنجليزى جورج بول (١٨١٥ - ١٨٦٤م) .


جورج بول

وبالطبع لن يتسع المجال لذكر كافة إنجازات هذا المنطق على مدى تاريخه الطويل، لذا سنكتفى بأحدث وأهم تجلياته التقنية التى باتت تؤثر على مختلف أنشطة الإنسان وهى «الحاسوب». فعمارة الحواسب التى يشيع استخدامها اليوم بمكوناتها الأساسية من دوائر «ثنائية الأوضاع»[1] ليست إلا التجسيد المادى لقواعد هذا المنطق على وجه العموم، ولـ «قانون الثالث المرفوع» على وجه التحديد. ولكن يبقى السؤال «هل بلغت هذه «الآلة الذهنية» ، بتاريخ تطورها الطويل وبإنجازاتها غير المنكورة حد الكمال...؟». حقا لقد وفرت هذه الآلة الذهنية للإنسان رموزا وصيغا مكنته من التعبير عن تصوراته لأحوال الواقع ولأحكامه المتعلقة بها، ولكنها كانت صيغا «**صورية**» Formal بالغة التجريد فارغة من المضمون، مثلها فى ذلك مثل الإناء الفارغ الذى يمكنك ملؤه بأى سائل تشاء، أو كالقالب الذى يستخدمه المثالون فى تشكيل ما يروق لهم من مواد. ولئن مكنت هذه الصيغ الإنسان من «**التعميم**» الذى يساعده على توحيد أسس التعامل مع مختلف الأمور، إلا أنها قد حرمته من ثراء «**التخصيص**» الذى ينظر إلى الأفكار فى إطار الظروف التى أنتجتها، وفى ظل السياق الذى حدثت فيه. وهكذا رأينا صيغ هذا المنطق وعباراته وهى تقف عاجزة أمام ثراء وتنوع تصورات الإنسان وأفكاره عن واقعه الملموس والمعيش. ولئن غضضنا الطرف مؤقتا عن هذا العيب الجسيم لنتساءل عن مدى نقاء مبادئ هذه الآلة الذهنية وخلو قوانينها من العيوب الخلقية (بكسر الخاء) لوجدنا أن الإجابة على هذا التساؤل بـ «لا». فلقد اكتشف متعاطو هذا المنطق منذ بداياته الأولى العديد من أوجه القصور الكامنة فى صلب بنيته. ولعل «**مشكلة الكريتى الكاذب**» هى واحدة من أشهر وأقدم المسائل التى أبرزت بعضا من نواحى عجزه. والحكاية هى أن الكريتيين (أحد سكان جزيرة كريت) راح يشيع مقولة عن مواطنى جزيرته مؤداها أن «**كل الكريتيين كاذبون**». وتوقعنا مقولته هذه، إن التزمنا بقانون الثالث المرفوع، فى مأزق لا نحسد عليه:

- فهو إن كان (**كاذبا**) فإن قوله هذا يكون (**صادقا**) .
- أما إن كان (**صادقا**) فإن قوله هذا يكون (**كاذبا**) .

وهكذا يمتزج الـ «صدق» بالـ «الكذب»، ويلتحم «الخطأ» و«الصواب» ويصبح التمييز والفصل بينهما أمرا غير ممكن. وهكذا تصبح مقولة هذا الكريتى صادقة وكاذبة، صائبة وخاطئة فى الوقت نفسه،وتصبح إعادة النظر فى «قانون الثالث المرفوع» أمرا واجب التنفيذ، حتى لاتؤرقنا أقوال الكريتيين. ولقد دفعت هذه المشكلة وغيرها المناطقة إلى البحث عن نظم منطقية أخرى تتخلص من قيد «قانون الثالث

(١) الدوائر «ثنائية الأوضاع» هى دوائر إلكترونية يمكنها فى لحظة معينة اتخاذ وضع واحد فقط من بين وضعين متاحين لها. فالمصباح الكهربائى، على سبيل المثال، له وضعان فقط: مضىء ومطفأ. ويتم، بالاتفاق ، على أن يمثل أحد هذه الأوضاع العدد {0} بينما يمثل الوضع الثانى العدد {1}

المرفوع» وما يفرضه من ثنائية صارمة على أحكام الإنسان، نظم تعبر حاجز «ثنائية قيم» الصواب فيتسع صدرها للمزيد منها. وكانت البداية فى عشرينات هذا القرن عندما إبتدع عالم المنطق البولندى جان لوكاشيفتش J. Lukasiewicz (١٨٧٨ - ١٩٥٦م) منطقا «ثلاثى القيم» تحتوى فئة أحكامه على ثلاث قيم، أى أن:



جان لوكاشيفتش

قيم الصدق للمنطق الثلاثى = {0, 0, 5, 1}

ولم يتوقف الأمر عند هذا الحد، فلقد مضى لوكاشيفتش قدما، بالتعاون مع زملائه، ليطور منطقه «**ثلاثى القيم**» إلى منطق عام «**نونى القيم**» تحتوى فئة أحكامه على n قيمة، حيث n هذه هى عدد صحيح أكبر من أو يساوى اثنين، ويشير إلى رتبة النظام المنطقى. وفئة أحكام هذا المنطق نونى القيم، T_n ، تأخذ الصورة العامة التالية:

$$T_n = \{0 = \frac{0}{n-1}, \frac{1}{n-1}, \frac{1}{n-1}, ..., \frac{n-2}{n-1}, \frac{n-1}{n-1} = 1\}$$

حيث تئول هذه الفئة إلى فئة أحكام المنطق التقليدى «**ثنائى القيم**» فى حالة ما إذا ساوت n اثنين، أى أن:

$$T_2 = \{0, 1\}$$

وتئول إلى فئة أحكام المنطق «**ثلاثى القيم**» فى حالة ما إذا ساوت n ثلاثة، أى أن:

$$T_3 = \{0, 1/2, 1\}$$

وهكذا يمكن الحصول على نظم منطقية ذات رتب أعلى مثل المنطق «**رباعى القيم**» إذا ما ساوت n أربعة، أى أن:

$$T_4 = \{0, 1/3, 2/3, 1\}$$

أو المنطق «**خماسى القيم**» إذا ما ساوت n خمسة، أى أن:

$$T_5 = \{0, 1/4, 1/2, 3/4, 1\}$$

وهكذا بالنسبة للنظم المنطقية الأعلى رتبة.

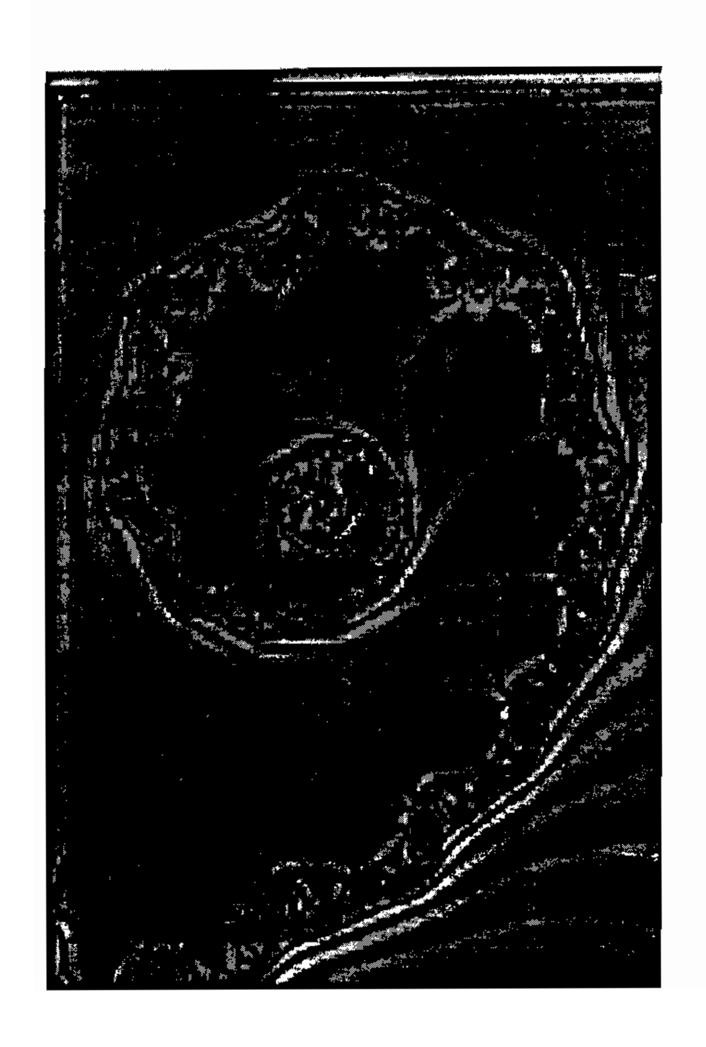
وبالرغم من تعدد قيم صواب الأحكام التى وفرتها نظم المنطق «**متعدد القيم**»

برتبها المختلفة، إلا أنها تتسم جميعا بالطبيعة **«المتقطعة»** لقيمها التى تقفز بخشونة من قيمة لأخرى، مغفلة ما بينها من قيم وسيطة. وهكذا تغيب عنها جميعا القدرة على تمثيل «التدرج» الناعم الذى يميز أسلوب التفكير الإنسانى. فنحن، بنى البشر، لا نفكر فى العادة بطريقة **«كمية»** و**«متقطعة»** ، فعندما يعبر شخص ما عن إحساسه بارتفاع درجة حرارة الجو فهو يعنى بهذا مدى متدرج من درجات الحرارة لا يمكن تحديده بدقة، ومن ثم لا يمكن صوغه على هيئة فئة محددة الملامح تحتوى على عدد معلوم ومحدد من درجات الحرارة. وحتى هذا المدى غير المحدد بدقة يتغير بالنسبة للشخص الواحد من وقت لآخر، ويختلف بالطبع من شخص لآخر. وهكذا تفقد **«الفئة المحددة»** مغزاها ومعناها عند مقابلتها بالواقع وبتصورات الإنسان عنه.

واليوم وبعد أكثر من ألفى عام من الصقل والتطوير، هل نجحت هذه «الآلة الذهنية» حقا فى تحقيق هدفها المنشود، وهو **«عصمة الإنسان من الخطأ»**...؟. والحق فإنه بقدر ما حققته هذه الآلة من نجاحات، بقدر ما جلبته من محن وسببته من نزاعات...؟! . فـ **«قانون الثالث المرفوع»** يجعل من ليس معنا هو بالضرورة ضدنا... وأن من لا تتفق قناعاته مع قناعاتنا هو على خطإ مبين يستحق معه منا «الهداية»، فى أحسن الأحوال، أو «الإزالة»، فى أغلب الأحيان...!. وهكذا انتفت مساحات التفاهم، وتقلصت أرض الحوار، وأصبح حتى مجرد التعايش السلمى مع الآخر فى خبر كان.

الفصل الثانى

هكذا تحدث لطفى زادة



١-٢ ظهور الغيوم



برتاندراسل



لطفي زاده

«يفترض المنطق التقليدى بكافة أشكاله دقة الرموز والصيغ المستخدمة، لذا فهو لا يصلح للتعامل مع هذه الحياة الأرضية... إنه فقط يتلاءم مع وجود سماوى متخيل .. إنه المنطق الذى يقترب بنا، أكثر من أى شيء آخر إلى السماء».

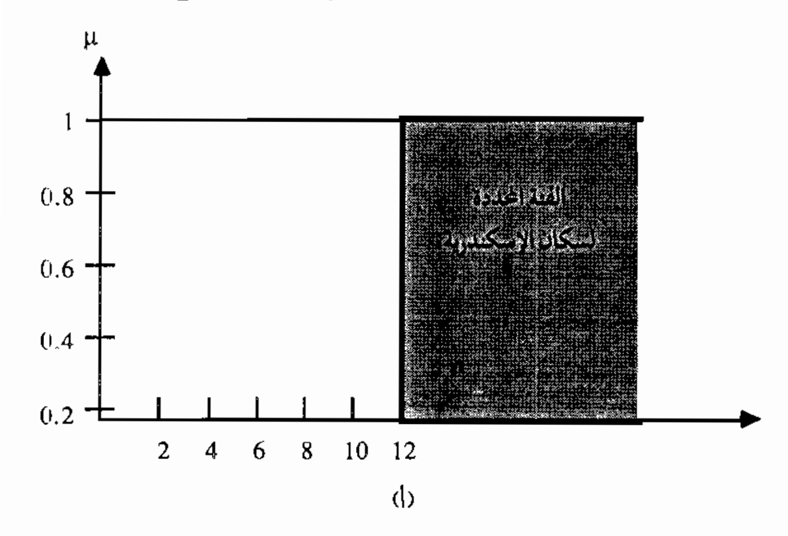
بهذه الكلمات يصف واحد من أهم علماء الرياضيات وفلاسفتها، برتاند راسل (١٨٧٢ – ١٩٧٠)؛ المنطق التقليدى الذى دامت سطوته على فكر الإنسان ما يزيد عن الألفى عام [٣]. ويبدو أنه كان على البشرية الانتظار طويلا حتى يأتى من يهبط بهذا المنطق من عالم «اليوتوبيا» بمثالياته إلى عالم الإنسان بوقائعه وأحواله. وقد كان هذا الشخص المنتظر هو لطفى زادة، أستاذ الهندسة الكهربية وعلوم الحاسب بجامعة كاليفورنيا – بركلى، ذا الأصل الإيرانى الذى استوطن الولايات المتحدة. وحتى سنة ١٩٦٥ لم تتعدى اهتمامات زادة العملية «**نظرية المنظومات العامة**» General Systems Theory و«**نظرية القرارات**» Decisions Theory . إلا أنه فى هذه السنة نشر ورقة علمية لا يتجاوز عدد صفحاتها الخمس عشرة صفحة وذات عنوان غير مألوف هو «**الفئات الغائمة**» Fuzzy Sets [٤]. وربما لم تحدث ورقة علمية منفردة، باستثناء ورقة أينشتين الشهيرة حول «نظرية النسبية الخاصة» المنشورة سنة ١٩٠٥؛ ما أحدثته ورقة زادة من تداعيات على كافة المجالات العلمية والفكرية والتقنية. فمنذ ظهورها نشرت آلاف الأوراق العمية المعنية بجانب أو آخر من الجوانب المتعددة لهذا المفهوم الجديد، وعقدت عشرات المؤتمرات العلمية لمناقشته، وانشئت الدوريات المتخصصة فى موضوعاته، وتوالى ظهور الاستخدامات التجارية والصناعية لما ولّدته هذه الورقة من مفاهيم وأفكار حتى بلغت سنة ١٩٩٤ حوالى ١٥٠٠ استخدام وتطبيق تجارى وصناعى [٥] .

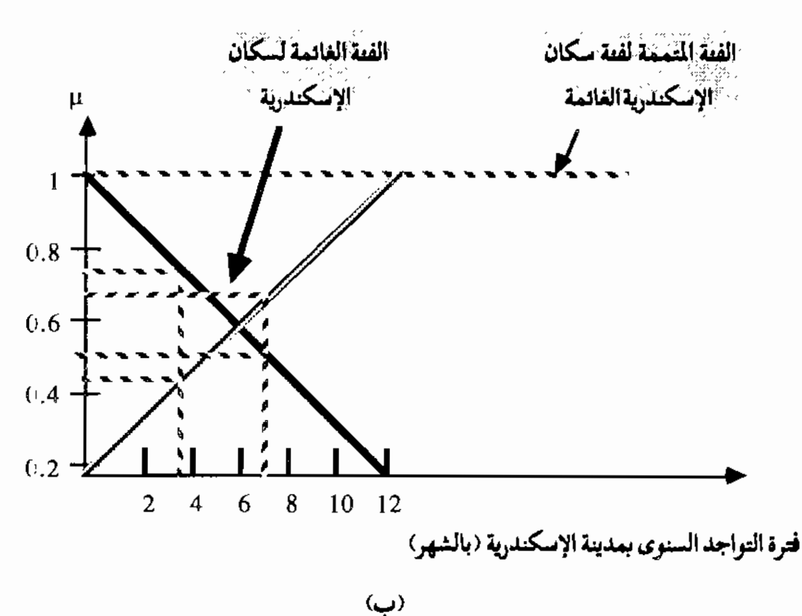
ولعل نقطة انطلاق هذا العمل الفذ الذى قام به لطفى زادة كانت هى وعيه المرهف بالفروق الجسيمة التى تباعد بين «**المنطق الرمزى**» بفئاته المحددة، عن «**منطق الإنسان**». فالإنسان، فى أغلب تعاملاته مع أحواله واقعه، فكرا أو عملا، لا يستخدم «**لغة الكم**»، بأعدادها وبرموزها وصيغها السلسلة التى كثيرا ما تفتقد إلى الدقة،

وغالبا ما يشوبها الغموض، **فهو عندما يرغب فى التعبير عن «مقادير»** لا يستخدم **«أعدادا»** بل يستخدم **«ألفاظا»** من قبيل: **كثير، قليل، بعض، العديد**،...، وهو عندما يريد التعبير عن احتمال وقوع حدث ما، لا يقول **«ان احتمال وقوعه هو بنسبة كذا فى المائة»**، بل يستخدم تعبيرات من قبيل: **دوما، ربما، قلما، فى النادر**، ... وهو عندما يرغب تأكيد أمر ما أو التهوين من شأنه يستخدم ألفاظا وعبارات من قبيل: **جدا، إلى حد ما**، ... كما أن تعبيرات الإنسان عما يستشعره من أحوال واقعه لا تعرف تلك الانتقالات الكمية الحادة والخشنة التى تميز المنطق التقليدى، أيا كانت رتبته، **فهى** تتميز بـ **«تدرج»** و**«نعومة»** تفتقدها صيغ وتعبيرات هذا المنطق العتيد .

كان هذا كله فى ذهن لطفى زادة وهو يؤسس مفهومه الجديد عن **«الفئات الغائمة»** لتكون صيغة بديلة تحل محل **«الفئات المحددة»** فى التعبير عن منطق الإنسان. وكان الحل الذى توصل إليه زادة مذهلا فى بساطته ومدهشا فى قدرته الفائقة على تمثيل العديد من خصائص منطق الإنسان. فلقد اكتشف زادة العيب الخلقى (بكسر الخاء) الكامن فى تعريف الفئات المحددة، النابع من «قانون الثالث المرفوع» والذى يتبدى فى السلوك الصارم لدوال انتمائها ثنائية القيمة. ففئة قيم تلك الدالة بالنسبة للفئات المحددة، كما أوضحنا فى القسم السابق، لا تحتوى إلا على قيمتين فقط، واحدة تعبر عن انتماء الشىء للفئة موضع الاهتمام انتماءً لا ريب فيه (1)، والأخرى تعبر عن عدم انتمائه إليها بشكل لا يقبل النقاش (0). وهنا قدم لطفى زادة حله البديل بسماحه لقيم هذه الدالة أن تأخذ– بالإضافة إلى الصفر والواحد الصحيح – أى قيمة بينهما. فقيمة هذه الدالة، طبقا للتعريف الجديد، يمكن أن تكون 0.185 أو 0.436 أو 0.5 أو 0.7935 أو 0.962 ...إلخ. وهكذا أنشأت دالة الانتماء المعدلة بقيمها «المتصلة» ، و«اللانهائية» (أى التى لا يمكن حصرها) نوعا جديدا من الفئات هو «الفئات الغائمة» . ولا تغرنك بساطة هذا التعديل فهو يحمل لنا فى طياته الشىء الكثير. وأول هذا الكثير هو قدرته على تمثيل خاصتى «التدرج» و«النعومة» اللتين تميزان تعبيرات الإنسان عن أحواله المتغيرة. فعلى سبيل المثال، يستحيل علينا استخدام «الفئات المحددة»، بدوال انتمائها ثنائية القيمة، لتمثيل أحوال شخص تقتضى منه طبيعة عمله أن يقيم «بعض الوقت» فى مدينة الإسكندرية، و«بقية الوقت» خارجها، فمثل هذا الشخص لا ينتمى إلى فئة «سكان الإسكندرية» التى يقتضى الانتماء إليها الإقامة المستمرة فى مدينة الإسكندرية لمدة تزيد عن السنة، أى ١٢ شهر متواصلة (الشكل (٢-١، أ) وفى الوقت نفسه لا يمكن إلحاقه على فئتها المتممة، فئة «غير قاطنى الإسكندرية» حيث يتطلب الانتماء إليها عدم إقامة الشخص المعنى فى مدينة الإسكندرية. وهنا تقدم «الفئات الغائمة»، بدوال انتمائها متدرجة القيم؛ الحل المنشود. فإذا كانت فترة إقامة هذا الشخص خلال سنة ما فى مدينة الإسكندرية ثلاثة شهور ونصف، فإن «بعض الوقت» هذا يمثل 0.292

من السنة، بينما «بقية الوقت» يمثل 0.708 منها. وهكذا يمكن التعبير عن «درجة انتمائه الجزئى» لفئة «المقيمين بالإسكندرية» بدالة انتماء قيمتها 0.292 ، وعن «درجة انتمائه الجزئى» لفئة «غير المقيمين بالإسكندرية» بدالة انتماء قيمتها 0.708 . أما إن تغيرت أحوال هذا الشخص فى سنة أخرى لتصبح مدة إقامته فى الإسكندرية سبعة شهور فقط، فإن قيم دالة انتمائه لكلٍ من الفئتين، فئة «المقيمين بالإسكندرية» والفئة المتممة لها «غير المقيمين بالإسكندرية»؛؛ تتغير لتصبح قيمتها للأولى 0.583 ، وقيمتها للثانية 0.417 (الشكل (٢-١، ب)). وهكذا يسمح مفهوم «الفئة الغائمة» بانتماء الكيان الواحد لأكثر من فئة غائمة فى نفس الوقت.



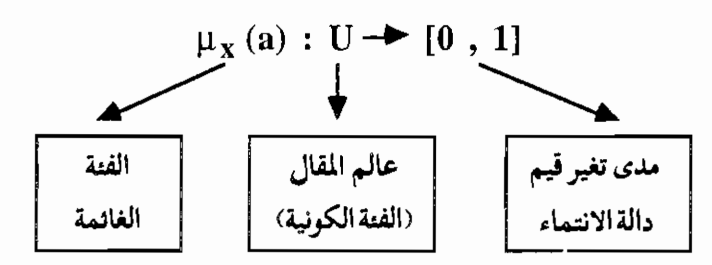


شكل (٢-١) : تمثيل سكان مدينة الإسكندرية باستخدام فئة محددة (أ)، وباستخدام فئة غائمة ومتممتها (ب)

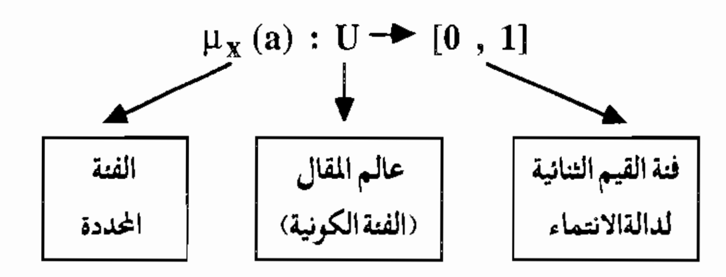
وانطلاقا من المثال السابق يمكن وضع تعريف أكثر عمومية لدالة الانتماء للفئات الغائمة، فهى:

«الدالة التى تخصص لكل عضو من أعضاء فئة عالم المقال (الفئة الكونية) U عددا ما بين الصفر والواحد يحدد درجة انتمائه للفئة الغائمة X» .

أى أن $\mu_X(a)$ تحدد درجة انتماء العنصر a إلى الفئة X . ويأخذ هذا التعريف الصور الرمزية التالية:



حيث تمثل [0 , 1] كل الأعداد التى تساوى أو تزيد عن الصفر، وتساوى أو تقل عن الواحد الصحيح. وهكذا تظهر صديقتنا القديمة «ميو μ» مرة أخرى وقد ارتفع رصيد قيمها من قيمتين فقط، هما أعضاء الفئة {0 , 1} إلى عدد لا نهائى من القيم يعبر عن المدى [0 , 1]. وقارن «ميو الجديدة» هذه ، دالة الانتماء للفئات الغائمة، بـ «ميو القديمة»، أى دالة الانتماء للفئات المحددة التى تأخذ الهيئة الرمزية التالية:



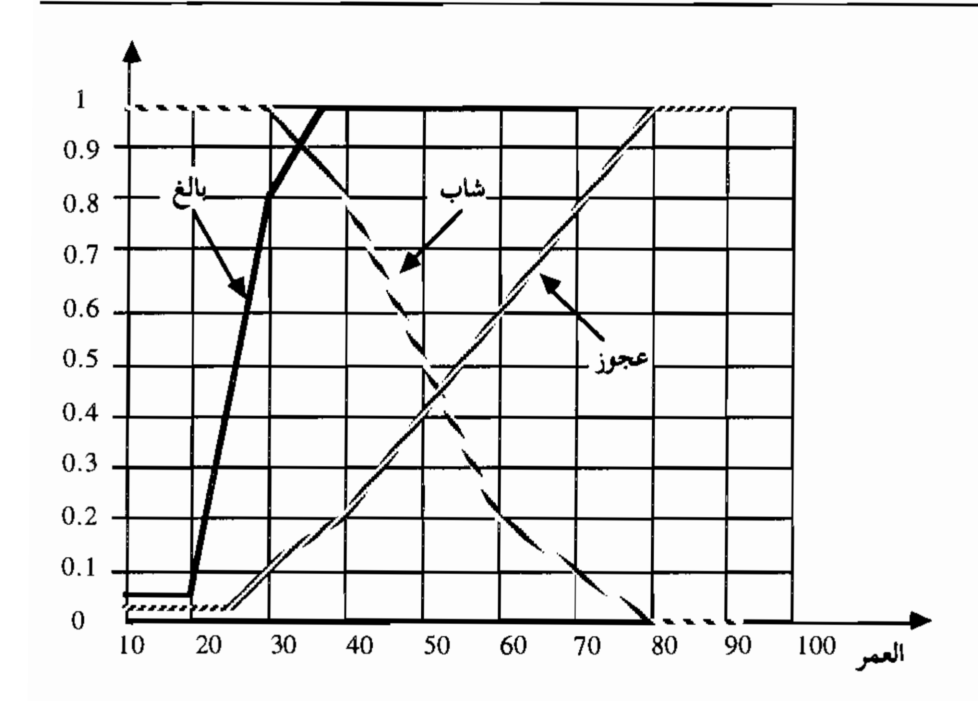
ويمنحنا مفهوم «الفئات الغائمة» ودوال انتمائها لا نهائية القيم أداة لصياغة منطق التفكير البشرى. فعلى سبيل المثال يستخدم الإنسان عند سؤاله عن عمر شخص ما؛ أوصافا من قبيل «طفل»، و«فتى»، و«بالغ»، و«شاب»، و«كهل»، و«عجوز»، وبالطبع تختلف تقديرات كل منا عن حدود المرحلة العمرية لكل وصف من هذه الأوصاف ، فأغلبنا يقر بأن من يقل عمره عن ٢٠ سنة هو شاب وفى عنفوان الشباب، ويعتبر البعض الآخر أن من فى الأربعينيات من عمره لم يتجاوز بعد مرحلة الشباب، بل ويعتبر بعضنا أن من يقل عمره عن ٦٠ سنة لا يزال شابا،

انطلاقا من أن الشباب هو شباب القلب..!... وتأسيسا على التقدم الملحوظ فى أساليب رعاية الإنسان لنفسه بدنيا وذهنيا. ومثل هذا التراوح فى التقديرات لا يجد أفضل من «ميو» الجديدة وما تمثله من فئة غائمة للتعبير عنه. ولتوضيح هذا الأمر سنفترض أن لدينا فئة كونية X محددة تضم كافة الأعمار الممكنة، أى أن:

$$X = \{10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100\}$$

وانطلاقا من هذه الفئة الكونية يمكننا تكوين فئة غائمة للتعبير عن تقديراتنا المتباينة لصفة «شاب». ولتكوين هذه الفئة تخصص لكل عنصر من عناصر الفئة الكونية قيمة عددية لدالة الانتماء تعكس مدى قناعتنا بتعبير هذا العنصر عن صفة الشباب، فعلى سبيل المثال لا يختلف اثنان على «شبابية» من عمره عشرون سنة، وهو الأمر الذى يمكن تمثيله بدالة انتماء للعنصر ٢٠، تساوى قيمتها الواحد الصحيح. وبزيادة العمر تقل نسبة الإجماع على تمتع صاحبة بصفة الشبابية لذا تقل قيم دالة الانتماء لفئة «شاب» بازدياد العمر حتى تصل إلى الصفر عندما يصل العمر إلى سبعين سنة. ويوضح الجدول التالى قيم دالة الانتماء للفئات الغائمة الثلاث التى تمثل صفات «بالغ»، و«شاب»، و«عجوز» والموضحة بيانيا فى الشكل (٢-٢).

عناصر الفئة الكونية للعمر	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة «بالغ»	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة «شاب»	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة «عجوز»
10	0	1	0
20	0.8	1	0.1
30	1	0.8	0.2
40	1	0.5	0.4
50	1	0.2	0.6
60	1	0.1	0.8
70	1	0	1
80	1	0	1



الشكل (٢-٢): التمثيل الجرافيكى (البيانى) للفئات الغائمة (بالغ)، «شاب»، «عجوز»

وكما هو الحال فى حالة الفئات المحددة، يتم التعبير عن الفئات الغائمة بطريقتين: «**الطريقة الصريحة**» و«**الطريقة الضمنية**» . وقد استخدم زادة الهيئة التالية للتعبير صراحة عن الفئات الغائمة:

$$X = \mu_1 / a_1 + \mu_2 / a_2 + ... + \mu_n / a_n$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \mu_i / a_i$$

حيث تعنى علامة (+) فى هذا السياق مفهوم واو العطف، وترمز n إلى عدد عناصر الفئة الكونية. وقد يستخدم بعض الكتاب الهيئة التالية للتعبير الصريح عن عناصر الفئة الغائمة:

$$X = (a_1 , \mu_1) + (a_2 , \mu_2) + ... + (a_n , \mu_n)$$

$$= \sum_{i=1}^{n} (a_i , \mu_i)$$

وهكذا يمكن التعبير عن الفئة الغائمة «شاب» إما على الهيئة:

1/10 + 1/20 + 0.8/30 + 0.5/40 + 0.2/50 + 0.1/60 + 0/70 + 0.80 = «شاب»

أو على الهيئة:

$(10,1) + (20, 1) + (30, 0.8) + (40, 0.5) + (50 , 0.2) + (60 , 0.1) + (70, 0) + (80 , 0)$ = «شاب»

أما الطريقة الضمنية فتأخذ الهيئة التالية:

$$X = \{ (a_i , \mu_i) \mid a_i \varepsilon U\}$$

حيث U هى الفئة الكونية لموضوع الاهتمام (فئة عالم المقال) و X هى الفئة الغائمة المعرفة على U ، وذلك مع ذكر شكل دالة الانتماء صراحة (كما سيرد فى القسم ٢-٤) .

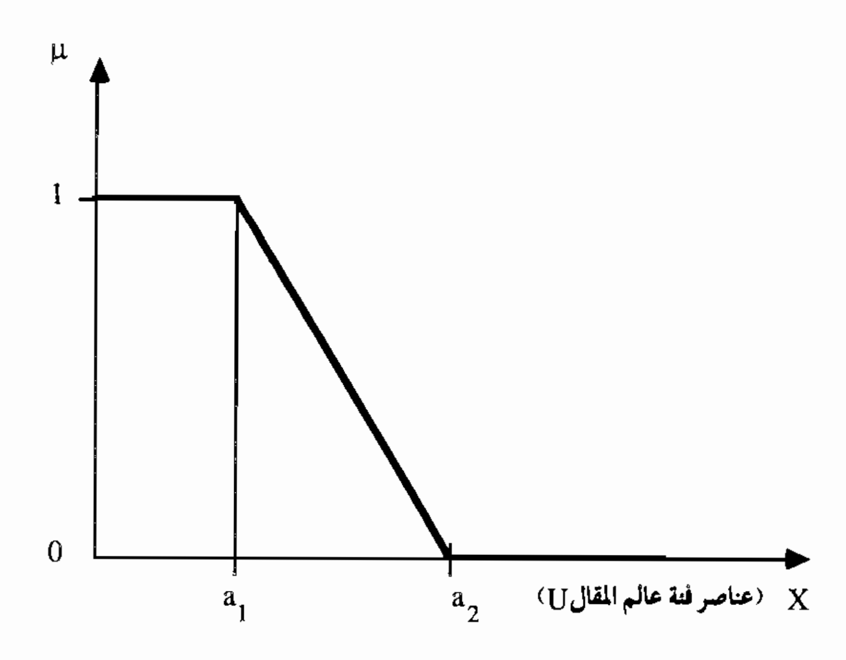
هذا ويمكن، على وجه العموم، تمثيل الفئات الغائمة جرافيكيا (بيانيا) حيث يمثل المحور الرأسى قيم دالة الانتماء، ويمثل المحور الأفقى عناصر فئة عالم المقال (الفئة الكونية) U موضع الاهتمام. فعلى سبيل المثال يمثل الشكل (٢-٣) الفئة الغائمة التى دالة انتمائها.

$$\mu (x) = 1 \qquad , 0 \le x \le 1$$

$$= \frac{a_2 - x}{a_2 - a_1} \qquad , a_1 \le x \le a_2$$

$$= 0 \qquad , a_2 \le x$$

وهى الدالة التى تعبر عن اتصاف شيء ما بالصغر .



شكل (٢-٣) : التمثيل الجرافيكى لدالة انتماء فئة غائمة تعبر عن «الصغر»

٢-٢ تلبد الغيوم

تحدثنا فى الفصل الأول عن القواعد الصرفية للفئات المحددة، أى تلك القواعد التى تمكننا من تكوين فئات جديدة من تلك المتاحة لدينا. ولقد شرحنا فى هذا الفصل ثلاثا من تلك القواعد وهى: قاعدة «اتحاد الفئات»، وقاعدة «تقاطع الفئات»، وقاعدة «نفى الفئات». ولهذه القواعد ما يقابلها فى حالة الفئات الغائمة، فإذا اعتبرنا الفئة الكونية التالية:

$$U = \{a1, a2, a3, a4, a5\}$$

وعرفنا الفئتين الغائمتين X و Y عليها على الوجه التالى:

$$X = \{(a_1, 0.2), (a_2, 0.7), (a_3. 1), (a_4, 0), (a_5, 0.5)\}$$

$$Y = \{(a_1, 0.5), (a_2, 0.3), (a_3, 1), (a_4, 0.1), (a_5, 0.5)\}$$

فإن الفئة الغائمة الناشئة من اتحادهما $(X \cup Y)$ تعرف على الوجه التالى:

$$X \cup Y = \{a / \max [\mu_x (a), \mu_y (a)] \mid a \varepsilon U \}$$

أى أن الفئة الغائمة الناتجة من اتحاد فئتين غائمتين هى فئة غائمة دالة انتماء أى عنصر من عناصرها تأخذ أكبر قيمة لدالة انتماء هذا العنصر فى أيٍ من الفئتين X أو Y . فعلى سبيل المثال إذا اعتبرنا العنصر a_1 لوجدنا أن قيمة دالة انتمائه للفئة الغائمة X هى 0.2، بينما هى بالنسبة للفئة الغائمة Y تساوى 0.5 ، ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائه لفئة الاتحاد الغائمة مساوية للقيمة الأعلى، أى لـ 0.5 . وهو الأمر الذى يعبر عنه بواسطة التعبير:

$$\max [\mu_x (a), \mu_y (a)]$$

حيث يعنى الرمز (max[1]) كلمة «أكبر».

وبالمثل يمكن تعريف الفئة الغائمة الناشئة من تقاطع فئتين غائمتين $(X \cap Y)$ على الوجه التالى:

$$X \cap Y = \{a / \min [\mu_x (a), \mu_y (a)] \mid a \varepsilon U\}$$

أى أنها الفئة الغائمة التى قيم دالة انتماء عناصرها هى أصغر قيم هذه الدالة لكل عنصر. فإذا أخذنا على سبيل المثال العنصر a_4 نجد أن قيمة دالة انتمائها للفئة الغائمة X هى 0.1 ، بينما هى بالنسبة للفئة الغائمة Y تساوى 0 ، ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائه لفئة التقاطع الغائمة مساوية للقيمة الأدنى، أى الصفر، وهو الأمر الذى يعبر عنه بواسطة التعبير .

(1) اختصار لكلمة «الأكبر» أو «الأعلى» maximum الإنجليزية.

$$\min\ [\mu_x\ (a),\ \mu_y\ (a)\ ]$$

حيث يعنى الرمز (min[1]) .

هذا ويوجز الجدول التالى قيمة دالة الانتماء لعناصر كل من الفئتين الغائمتين X و Y ، ولعناصر كلٍ من الفئتين الناشئتين عن اتحادهما $(X \cup Y)$ وعن تقاطعهما $(X \cap Y)$.

$X \cap Y$	$X \cup Y$	μ_y (a)	μ_x (a)	U
0.2	0.5	0.5	0.2	a_1
0.3	0.7	0.3	0.7	a_2
1	1	1	1	a_3
0	0.1	0.1	0	a_4
0.	0.5	0.5	0.5	a_5

لتوضيح القاعدة الثالثة من قواعد صرف الفئات الغائمة، **«النفى»** أو **«الإتمام»**، والتى استخدمناها سابقا عند الحديث عن قاطنى مدينة الإسكندرية وغير القاطنين بها، سنفترض أن فئتنا الكونية هى الفئة المحددة التالية:

$$V = \{\ a_1\ ,\ a_2\ \ ,\ a_3\ ,\ a_4\ ,\ a_5\ ,\ a_6\}$$

وإن لدينا الفئة الغائمة X المعرفة عليها.

$$X\ =\ \{(a_1,\ \ 0.13),\ \ (a_2,\ \ 0.61),\ \ (a_3,\ \ 0),\ \ (a_4,\ \ 0),\ \ (a_5,\ \ 1),\ (a_6,\ \ 0.03)\}$$

فإن «نفى الفئة» **X** أو الفئة «المتممة» لها ('X) تعرف كمايلى:

$$'X = \{a\ /\ [1 - \mu_x\ (1)\ ]\ \mid\ a\ \varepsilon\ V\ \}$$

أى أن الفئة المتممة للفئة الغائمة **X** هى الفئة التى قيم دالة إنتماء عناصرها تحسب من المعادلة: **قيمة دالة انتماء عنصر ما للفئة الغائمة المتممة** 'X =

١ – **قيمة دالة انتماء نفس العنصر للفئة الغائمة** X

أو

(1) اختصار لكلمة «الأصغر» أو «الأدنى» manimum الإنجليزية.

$$\mu_{x'}(a) = 1 - \mu_x(a)$$

حيث $\mu_{x'}(a)$ هى قيمة دالة انتماء العنصر a للفئة الغائمة المتممة 'X ، و $\mu_x(a)$ هى قيمة دالة انتماء نفس العنصر للفئة الغائمة X . فعلى سبيل المثال قيمة دالة انتماء العنصر a_2 للفئة الغائمة X هى 0.61 ، ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائها للفئة المتممة 'X مساوية لـ ٠,٣٩ (= ١ - ٠,٦١) . هذا ويلخص الجدول التالى قيم دالة الانتماء لكل من الفئة الغائمة X ومتممتها.

$\mu_{x'}(a)\ (= [1-\mu_x(a)])$	$\mu_{x'}(a)$	V
0.87	0.13	a_1
0.39	0.61	a_2
1	0	a_3
1	0	a_4
0	1	a_5
0.97	0.03	a_6

٢-٣ مستودعات المعرفة الغائمة

يقول أهل المنطق من الفلاسفة عن المعرفة إنها «ثمرة التقاء ذاتٍ مدرِكة (بكسر الراء) بموضوع مدرَك (بفتح الراء)». وهم بتعريفهم هذا يكونون قد لمسوا جوهر اختلاف مفهوم «المعرفة Knowledge عن كلٍ من مفهومَى «البيانات» Data ، و«المعلومات» Information اللذان نلتقى بهما دوما أثناء مطالعتنا لأدبيات الحاسوب. فالبيانات ليست إلا تلك «العلامات» التى نستخدمها فى التعبير عن خصائص وصفات ما نقابله فى الواقع من كيانات وما نعاينه من أحداث، وسواء كانت تلك العاملات أبجدية لغة أو أرقاما أو أشكالا أو رموزا فالحروف والكلمات أمام خانة الاسم وخانة الجنسية فى جواز سفر ما، والأرقام المكتوبة أمام خانة السن والصور الملصقة تمثل فى مجموعها البيانات التى تصف حامل هذا الجواز، وهى البيانات التى تمكن إدارة الهجرة والجوازات فى بلد ما من استخلاص المعلومات المتعلقة بعدد القادمين إليها خلال فترة زمنية معينة، ومن معرفة متوسط أعمارهم ونسبة كل جنسية من جنسياتهم. أى أن المعلومات ليست إلا بيانات تمت معالجتها بطريقة أو أخرى لتأخذ شكلا جديدا يفيد متلقيها فى أداء عمل ما أو فى اتخاذ قرار.

هذا ويعتبر كل ما يسقط من حسبان مفهومَى «البيانات» و«المعلومات» سمة أصيلة من سمات «المعرفة» البشرية. فرأى الإنسان وتفسيره ورؤيته لما يدور حوله من أمور السياق الذى تحدث فيه تعتبر من العناصر التى تشكل المعرفة. ويمكن تعريف المعرفة البشرية كما يلى:

«المعرفة هى مجمل رؤى الإنسان للواقع، كما تتمثل فى المجموع المرتب والمتكامل للمكونات الثلاثة التالية:

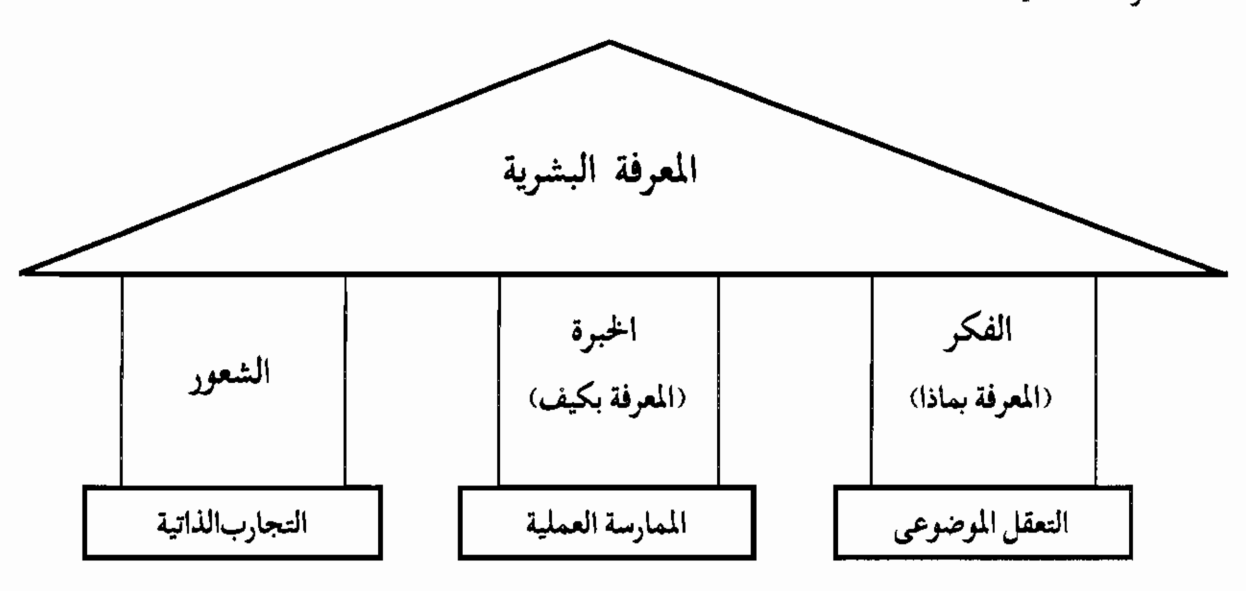
* «**الاستنتاجات العقلية**» الناتجة من العقل والتجريب، أو «المعرفة بماذا» Knowing that .

* «**الخبرات المكتسبة**» الناشئة من الممارسة العملية، أو «المعرفة بكيف» Knowing how .

* «**الأحكام الشخصية**» النابعة من التجارب الذاتية.

وهو المجموع الذى يمكن تسجيله واختزانه وتقديمه للآخرين عبر وسائط الاتصال المختلفة، مثل اللغة الطبيعية، والصور، والرموز، وذلك طبقا لقواعد منطقية أو جمالية محددة سلفاً.

والمكون الأول من مكونات المعرفة البشرية هو «المعرفة بماذا»، وهى المعرفة التى تتألف من مجموع الحقائق المستقرة التى يتوصل إليها العقل البشرى باستخدام المناهج العلمية، ويمكن التحقق من صحتها من خلال الاختبارات المعلملية أو المسوح الميدانية. ويعرف هذا النوع من المعرفة بـ «**المعرفة التقريرية**» Declarative Knowleddge . وهى معرفة يسهل تنظيمها فى بنىً توضح العلاقات التى تربط بين الحقائق المكونة لها، سواء اتخذت هذه البنى هيئة نظريات أو قوانين، أو اتخذت هيئات أخرى. أما «**المعرفة بكيف**» فهى المعرفة التى يكتسبها الإنسان نتيجة لممارسته عمل ما، وتتبدى فى المهارت الحرفية والمهنية، وهذه هى «**المعرفة الإجرائية**» Procedural Knowledge التى يصعب تنظيمها والتعبير عنها بطريقة صريحة Explicit ونقلها للآخرين على عكس المعرفة التقريرية. أما النوع الثالث من أنواع المعرفة البشرية فهو «**المعرفة الشعورية**»، أو إن شئت «**الحكمة**» التى تضم فى طياتها كافة معتقدات الإنسان ومشاعره وأحاسيسه التى تتخلق بداخله نتيجة لما يكون قد مر به من مواقف نفسية وحالات شعورية ومعاناة ذاتية.



شكل (٢-٤) : المكونات الثلاثة للمعرفة البشرية

فن صياغة المعارف:

فن الصياغة هو فن تشكيل المعادن والأحجار الثمينة فى قوالب،ليتحلى بها بنى البشر وتسر الناظرين. وهكذا أيضا فن صياغة معارف الإنسان، أثمن ممتلكاته، فهو الفن الذى يسعى إلى استخلاص المعارف وإلى صياغتها على هيئة صيغ وبنىً يمكن خزنها فى ذاكرة الحواسب، ويمكن للإنسان من معالجتها وتعظيم استفادته منها عبر استغلاله للقدرات الفائقة للحواسب. ويعرف هذا الفن فى أوساط المتخصصين بـــ **«هندسة المعرفة»** Knowledge Engineering .

وترتبط البنى والقوالب المستخدمة فى تمثيل المعرفة ارتباطا وثيقا بطبيعة تلك المعرفة، فنجد تلك المستخدمة فى تمثيل **«المعرفة بماذا»** تختلف عن تلك المستخدمة فى تمثيل **«المعرفة بكيف»**، وانطلاقا من هذا الارتباط تنقسم طرق تمثيل المعرفة إلى فئتين رئيسيتين: **«الطرق المتعمقة»** المستخدمة فى تمثيل **«المعرفة التقريرية»** وذلك بتركيزها على الحقائق المستقرة المتعلقة بالجوانب المختلفة لموضوع بعينه وعلى العلاقات بين تلك الجوانب، و**«الطرق السطحية»** المستخدمة فى تمثيل **«المعرفة الإجرائية»** .

ويشكل تمثيل **«الخبرة البشرية» («المعرفة الإجرائية» أو «المعرفة بكيف»)** مشكلة عويصة لصائغى المعرفة (أو مهندسيها)، فهى لا تؤصلها نظرية ولا يضم عناصرها قانون. هذا بالإضافة إلى صعوبة التعبير عنها لفظيا، والطبيعة المتغيرة والمستمرة فى حقائقها، وعدم وضوح العلاقات التى ترتبط بين الجوانب المختلفة لموضوعها. إنها فى حقيقة أمرها مجموعة من **«الاقترانات»** Association بين

عناصر أو وقائع موضوع ما تدعمها وتعززها المشاهدة والممارسة والتطبيق. لهذا كله تستخدم فى تمثيلها «**الطرق السطحية**» التى تكتفى بتسجيل اقتران الظواهر المتعلقة بأمر من أمور الواقع. ويعتبر أسلوب «**قواعد الإنتاج**» Production Rules (أو «**الأسلوب الشرطى**» من أكثر أساليب هذه الفئة استخداما. وتأخذ «**قاعدة الإنتاج**» الهيئة العامة التالية:

IF (antecedent) **THEN** (consequent)

أو

إذا كان (مقدم) إذن (لازم)

ويوضح الشكل (٢-٥) واحدة من قواعد إنتاج مستخدمة فى تمثيل «**الخبرة**» أو الـ «**معرفة بكيف**» فى مجال تشخيص الأمراض.

إذا (كانت القناة الهضمية هى المدخل المرجح للميكروب)
إذن (احتمال أن يكون الميكروب المسبب للعدوى هو البابكترويد **Bactroide** وذلك بدرجة تيقن ٨٠٪) .

شكل (٢-٥) : مثال لـ ««قاعدة إنتاج» تمثل عنصر من عناصر الخبرة فى تشخيص الأمراض

أى أن قاعدة الإنتاج هذه «**تقرن**» بين «**المدخل**» المرجح للميكروب وبين «**نوعه**»، وذلك انطلاقا من الخبرة الطبية السابقة. ويمكن التعبير عن هذا الأمر باستخدام لغة الفئات، حيث يمكن القول بأن قاعدة الإنتاج هذه تنتقى عنصرا من عناصر الفئة المحددة التى تضم كافة المداخل المحتملة للميكروب «وتقرنه» بعنصر من عناصر فئة أخرى تضم أنواع كافة الميكروبات المعروفة. وبعبارة أخرى، تنشئ قاعدة الإنتاج هذه علاقة ما بين عناصر كلٍ من الفئتين. وهى العلاقة التى يمكن التعبير عنها على الصورة التالية:

(القناة الهضمية، الباكترويد)

وهو ما يعرف بـ «**الزوج المرتب**» Ordered Pair المكون من عنصرين، الأول من الفئة الأولى، فئة المداخل المحتملة، والثانى من عناصر الفئة الثانية، فئة أنواع الميكروبات.

فعلى سبيل المثال لو أخذنا فى الاعتبار الفئتين المحددتين التاليتين:

فئة الروايات (N) = {**أفراح القبة، الزينى بركات، الحرافيش، دعاء الكروان، السكرية**}

فئة المؤلفين (A) = {طه حسين، يحيى حقى، جمال الغيطانى، نجيب محفوظ}

لأمكننا أن نشكل منهما العشرين زوجا مرتبا كالتالى:

(أفراح القبة، طه حسين)	(الزينى بركات، طه حسين)	(الحرافيش، طه حسين)	(دعاء الكروان، طه حسين)	(السكرية، طه حسين)
(أفراح القبة، يحيى حقى)	(الزينى بركات، يحيى حقى)	(الحرافيش، يحيى حقى)	(دعاء الكروان، يحيى حقى)	(السكرية، يحيى حقى)
(أفراح القبة، جمال الغيطانى)	(الزينى بركات، جمال الغيطانى)	(الحرافيش، جمال الغيطانى)	(دعاء الكروان، جمال الغيطانى)	(السكرية، جمال الغيطانى)
(أفراح القبة، نجيب محفوظ)	(الزينى بركات، نجيب محفوظ)	(الحرافيش، نجيب محفوظ)	(دعاء الكروان، نجيب محفوظ)	(السكرية، نجيب محفوظ)

وتشكل هذه الأزواج المرتبة فئة جديدة تعرف بـ **«حاصل الضرب الكارتيزى»** لفئتين محددتين، ويرمز لها بالرمز N x A . وهى الفئة التى يمكن التعبير عنها رمزيا على الهيئة التالية:

$$N \times A = \{ (n_1 , a_1), (n_1 , a_2), ..., (n_2 , a_1),..., (n_5 , a_4)$$

حيث يمثل الرمز n أحد عناصر فئة **«الروايات»**، ويمثل الرمز a أحد عناصر فئة **«المؤلفين»**.

إلا أننا إذا قررنا إنشاء علاقة **«من تأليف»** (R) بين عناصر فئة **«الروايات»** وعناصر فئة **«المؤلفين»** لوجدنا أن عدد الأزواج المرتبة التى تحقق هذه العلاقة هو فقط خمسة أزواج مرتبة (الأزواج المرتبة المظللة). أى أن علاقة **«من تأليف»** هى **«فئة جزئية»** Subset من فئة حاصل الضرب الكارتيزى للفئتين المحددتين تحتوى فقط على الأزواج المرتبة التى تحقق العلاقة موضوع الاهتمام. ويمكن تمثيل العلاقة بين الفئات المحددة باستخدام دالة انتماء ثنائية القيمة (أى «ميو» القديمة المستخدمة فى التعبير عن الفئات المحددة والتى التقينا بها فى الفصل الأول). وهكذا يمكن تمثيل علاقة **«من تأليف»** على هيئة الجدول التالى الذى يعرض قيم دالة انتماء أى زوج مرتب من أزواج حاصل الضرب الكارتيزى للفئتين N و A للعلاقة **«من تأليف»** R ، أى:

$$\mu_R (n , a)$$

	السكرية	دعاء الكروان	الحرافيش	الزينى بركات	أفراح القبة
طه حسين	0	1	0	0	0
يحيى حقى	0	0	0	0	0
جمال الغيطانى	0	0	0	1	0
نجيب محفوظ	1	0	1	0	1

وبالطبع يمكننا باستخدام «ميو» ثنائية القيمة تمثيل علاقة **«من تأليف»** أصدق تمثيل، إذ لا يختلف اثنان، على سبيل المثال، أن

السكرية [**من تأليف**] نجيب محفوظ.

أى أن الزوج المرتب (**السكرية ، نجيب محفوظ**) تنتمى للعلاقة **«من تأليف»**، ومن ثم لابد وأن تساوى دالة انتمائها الواحد الصحيح. كما لا يختلف اثنان على خطإ أن:

الحرافيش [**من تأليف**] جمال الغيطانى

أى أن الزوج المرتب (**الحرافيش، جمال الغيطانى**) لا تنتمى للعلاقة **«من تأليف»** ، ومن ثم لابد وأن تساوى دالة انتمائها صفرا.

إلا أن الأمور لا تمضى دوما بمثل هذه الدرجة من التيقن، ففى أغلب الأحيان يشوب نظرتنا لما يحدث فى الواقع وللاقترانات بين وقائعه؛ قدر كبير من اللاتيقن. وتعتبر مسألة «تشخيص الأمراض انطلاقا من أعراضها» واحدة من المسائل الشائعة التى يتعامل فيها الإنسان مع قدر لا يستهان به من اللاتيقن والغموض. فللمرض الواحد أعراض عديدة تختلف من مريض لآخر وتتوقف على مرحلة تطور المرض. هذا بالإضافة إلى أن العرض الواحد قد يكون علامة على عدة أمراض.

فإذا افترضنا أن لدينا فئة محددة **D** تضم مرضين، أى أن:

$$D = \{d_1, d_2\}$$

وأن الفئة المحددة **S** هى الفئة التى تضم أعراض هذه الأمراض ، أي أن:

$$S = \{s_1, s_2, s_3\}$$

فإن إنشاء علاقة محددة تربط بين عناصرهما لن يتمتع بدرجة التيقن الصارم، المتمثلة فى استخدام «ميو ثنائية القيم»، التى تمتعت بها علاقة، «من تأليف» التى

تعرضنا لها سابقا، ولتوضيح هذا الأمر سنفترض أن الخبرة الطبية المتعلقة بهذه الأمراض والأعراض المصاحبة لها يمكن تلخيصها فى العبارات التالية:

[١] (**من النادر**) ظهور العرض s_1 على المصابين بالمرض d_1

[٢] (**فى العادة**) ظهور العرض s_1 على المصابين بالمرض d_2

[٣] يظهر العرض s_2 (**دوما**) على المصابين بالمرض d_1

[٤] يظهر العرض s_2 (**مطلقا**) على المصابين بالمرض d_2

[٥] (**من النادر**) ظهور العرض s_3 على المصابين بالمرض d_1

[٦] (**فى الغالب**) ظهور العرض s_3 عند المصابين بالمرض d_2

وأول ما نلاحظه على تلك العبارات أن كلا منها تعبر عن خبرتنا الطبية المتعلقة باقتران عرض ما بأحد الأمراض، أى أن كلا منها تقابل أحد الأزواج المرتبة لحاصل الضرب الكارتيزى $S \times D$ للفئتين S و D الذى يمثل علاقة «**يدل على**»، G ، (أى العرض كذا «يدل على» المرض كذا) بين هاتين الفئتين.

$$S \times D = \{(s_1, d_1), (s_1, d_1), (s_2, d_1), (s_3, d_1), (s_3, d_2)\}$$

حيث تقابل العبارة الأولى الزوج المرتب (s_1, d_1)، والثانية الزوج المرتب (s_1, d_2) ، والثالثة الزوج المرتب (s_2, d_1) ، والرابعة الزوج المرتب (s_2, d_2) ، والخامسة الزوج المرتب (s_3, d_1) ، والسادسة الزوج المرتب (s_3, d_2) . أما ثانى هذه الملاحظات هو احتواؤها على تعبيرات تدل على عدم التأكد القاطع من صحة العبارة من قبيل: «**من النادر**»، و«**فى العادة**»، و«**فى الغالب**». وهذا يعنى بالضرورة عدم ملاءمة «**ميو ثنائية القيم**»، الصفر والواحد، للتعبير عن مدى انتماء تلك العبارات، أو ما يقابلها من أزواج مرتبة، إلى علاقة «يدل على» التى تربط بين عناصر فئتى «**الأعراض**» S و«**الأمراض**» D ، حيث إنها إما تؤكد هذه العلاقة تأكيدا قاطعا، أو تنفيها نفيا لا رجعة فيه. وهو الأمر الذى لا يمكننا من تمثيل الخبرة الطبية التى تتضمنها العبارات السابقة والتى لا تتميز أى منها بصفة القطع سلبا كان أو إيجابا. لذا كان ضروريا الاستعانة بـ«**ميو الجديدة**» التى استخدمناها سابقا فى تمثيل الفئات الغائمة بقيمها التى تتدرج من الصفر إلى الواحد بيسر ونعومة. فعلى سبيل المثال تعبير «**من النادر**» الموجود فى الجملة الأولى يعنى أن «**ظهور العرض s_1 عند المصايين بالمرض d_1**» هو أمر مستبعد وإن كانت هناك فرصة بالغة الضآلة لحدوثه، أى انتماء الزوج المرتب الممثل لهذة العبارة، (s_1 , d_1) للعلاقة «**يدل على**» لا يساوى صفرا، بل يساوى عددا بالغ الصغر. وهو الأمر الذى يمكن تمثيله بتخصيص قيمة عددية صغيرة لدالة انتماء هذا الزوج للعلاقة G، أى أن:

$$\mu_G \ (s_1 \ , d_1) \ = \ 0.06$$

أما بالنسبة للعبارة الثالثة التى تتميز بوجود تعبير **«دوما»** الدال علـى صحة العبارة بشكل مؤكد فيمكن تخصيص الواحد الصحيح لدالة إنتمائها للعلاقة G ، أى أن:

$$\mu_G \ (s_s \ , d_1) \ = \ 1$$

وهكذا يمكننا تخصيص قيمة عددية لدالة انتماء العبارات الست السابقة للعلاقة G، التى تمثل الخبرة الطبية فى تشخيص الأمراض، بحيث تعكس هذه القيمة مدى تيقنا من صحة كل منها. ويمكن تمثيل العلاقة **«يدل على»** على هيئة المصفوفة التالية:

G =	d_1	d_2
s_1	0.06	0.75
s_2	1	0
s_3	0.25	0.56

هذا وتعتبر العلاقة الغائمة G بمثابة مستودع الخبرة الطبية المتمثلة فى العبارات الست السابقة، فالمصفوفة السابقة ليست إلا تمثيلا مكثفا لقواعد الإنتاج الست التالية:

إذا (ظهر العرض s_1) إذن (يحتمل المرض d_1 بدرجة تينق 0.06)

إذا (ظهر العرض s_1) إذن (يحتمل المرض d_2 بدرجة تينق 0.75)

إذا (ظهر العرض s_2) إذن (يحتمل المرض d_1 بدرجة تينق 1)

إذا (ظهر العرض s_2) إذن (يحتمل المرض d_2 بدرجة تينق 0)

إذا (ظهر العرض s_3) إذن (يحتمل المرض d_1 بدرجة تينق 0.25)

إذا (ظهر العرض s_3) إذن (يحتمل المرض d_2 بدرجة تينق 0.56)

٢-٤ أصل وفصل «ميو»

ظلت **«نظرية الاحتمالات»** Probability Theory هى أداة الإنسان الذهبية الوحيدة المعنية بالتعامل مع **«اللاتيقن»** المصاحب لأحداث الواقع وكياناته، بشتى صوره التى سنعرض لها فى الفصل الرابع. وقد تعاملت هذه النظرية مع شتى صور

اللاتيقن بوصفها تجليات لـ «**عشوائية**» Randomness ظواهر الواقع وأحداثه التى لا تتوفر لدى الإنسان نظرية عنها تفسرها وتمكنه من التنبؤ بسلوكها. ودام احتكار «نظرية الاحتمالات» لمسألة «**اللاتيقن**» حتى ظهرت إلى الوجود «ميو الجديدة» بقيمها اللانهائية، بداية من الصفر وانتهاءً بالواحد الصحيح.... وكانت «**ميو**» هذه هى دالة الانتماء التى تصف الفئات الغائمة. ورأينا أداة ذهنية جديدة تتأسس للتعامل مع «اللاتيقن» باستخدام اللغة الجديدة، لغة «نظرية الفئات الغائمة»، ولتلقى الأضواء على الجوانب الخفية لـ «**اللاتيقن**» انطلاقا من مفهوم «**الغيمة**» fuzziness ، أى صعوبة وضع حدود فاصلة وقاطعة بين ما نشاهده فى الواقع من ظواهر وكيانات، وما نضفيه عليها من صفات. واشتركت الأداتان الذهنيتان ، «نظرية العشوائية» و«نظرية الغيمية»، فى تعبيرهما عن لاتيقن الواقع بواسطة أعداد تتراوح قيمتها ما بين الصفر والواحد الصحيح (أى [1 , 0])، إلا أنهما بعد ذلك افترقا، كل لحال سبيله، فحدوث أمر ونقيضه فى نفس الوقت هو أمر مستحيل من منظور «العشوائية»(*) ونظريتها «نظرية الاحتمالات»، ولكنه أمر مقبول من منظور «الغيمية»، بل هو نقطة البداية لنظريتها «نظرية الفئات الغائمة».

ولما كان اختلاف الرأى لا يفسد للود قضية، فإن «الغيمية» قد تركت لـ «العشوائية» أمر تحديد وقياس إمكانية وقوع حدث ما من عدمه، لتختص هى بوصفه حال وقوعه، أى أنها احتفظت لنفسها بحق الإجابة على أسئلة من قبيل:

* ما هى درجة ونوع اللاتيقن المصاحب للحدث (أو الكيان) ؟
* إلى أى حد يمكننا تمييزه عن غيره من الأحداث (أو الكيانات) الأخرى الموجودة ؟

فعلى سبيل المثال تعبر الجملة الخبرية «يحتمل سقوط أمطار غزيرة صباح الغد بنسبة ٣٠٪ عن احتمال وقوع حدث غائم.. أى أنها تنطوى على وصف لـ «لاتيقن مركب» تتعامل مع مكونه الأول ، أى احتمال وقوعه، «نظرية الاحتمالات» وذلك بتحديدها نسبة وقوعه بـ "30%"، وتتعامل مع مكونه الثانى، أى صفته حال وقوعه، «نظرية الفئات الغائمة» وذلك باستخدامها «غزير» كوصف غائم له.

ولم تكن «ميو الجديدة»، أى دالة الانتماء للفئات الغائمة، مجرد حيلة رياضية ابتدعها لطفى زادة للتغلب نواقص المنطق التقليدى بشتى صوره، ولكنها كانت تعبيرا بليغا عن «**الإدراك (الحسى) الذاتى**» Subjective perception للإنسان، ونموذجا

(*) هذا نتيجة طبيعية لقانون الثالث المرفوع .

بالغ الجودة للطريقة التى يدرك بها **«أصناف»** categories الموجودات. فلقد بينت تجارب علم النفس أن هناك تمايزا بين العناصر النقية (المركزية) المنتمية لصنف من الأصناف والعناصر الأقل نقاء (الهامشية)، فللون الأحمر على سبيل المثال، درجات عديدة تتدرج من الأحمر بالغ النقاء (اللون الأحمر المركزى) إلى تلك الألوان التى يدخل الأحمر فى تكوينها بدرجة أو أخرى (الألوان الحمراء الهامشية). وقد بينت هذه التجارب أن زمن الرد على سؤال من قبيل: «ما هو لو هذا الشىء؟» تقل كثيراً كلما ازداد نقاء لونه، وما ينطبق على اللون ينطبق على أى صفة من الصفات المستخدمة فى تصنيف الأشياء وتمييزها بعضها عن البعض، أى أن مسألة تحديد انتماء شىء ما لصنف بعينه ليست مسألة «نعم» أو«لا»، بل هى مسألة درجة وتدرج.

ويبقى سؤال أخير عن كيفية تعيين دالة الانتماء المتعلقة بموضوع ما. وهنا تتعدد الطرق والأساليب التى من أبرزها طريقة **«التمثيل (ضرب الأمثلة)»** Exem-plification التى اقترحها لطفى زادة. وتقوم هذه الطريقة على عرض الشىء المراد إنشاء فئة غائمة للتعبير عن أحد صفاته على مجموعة من الأشخاص، وسؤالهم عن تقديرهم لهذه الصفة. وانطلاقا من تقديراتهم التى تأخذ شكل تعبيرات لغوية يمكن تحديد قيم دالة انتماء الفئة الغائمة التى تعبر عن الصفة موضوع الاهتمام، وذلك بتحديد قيمة عددية لكل من تلك التعبيرات اللغوية. فعلى سبيل المثال إذا رغبنا فى تحديد دالة الانتماء لفئة غائمة لصفة «الطول»، يتم عرض شىء ذى ارتفاع معين ويطرح على بعض الأشخاص السؤال التالى: «هل يعتبر ارتفاع هذا الشىء فى نظرك طويلا؟». والإجابة المتوقعة فى هذه الحالة تأخذ التعبيرات اللغوية التالية:

«بالقطع نعم»، «إلى حد ما»، «بالكاد»، «ليس تماما»، «بالقطع لا»

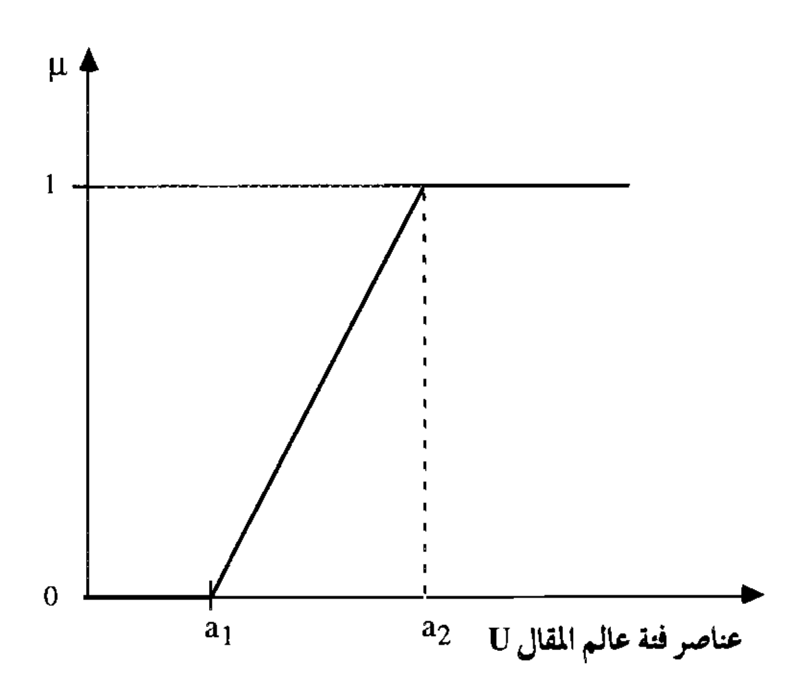
وهى التعبيرات التى يمكن ترجمتها للقيم العددية التالية:

بالقطع لا	ليس تماما	بالكاد	إلى حد ما	بالقطع نعم
0	0.25	0.5	0.75	1

لتمثل قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة المعبرة عن صفة «الطول».

وهناك العديد من الأشكال القياسية لدالة الانتماء والتى يمكن تكييفها طبقا للمسألة قيد الاهتمام. فعلى سبيل المثال يمثل الشكل (٢-٣) إحدى الصور القياسية لدالة انتماء تعبر عن صغر قيم الصفة التى تمثلها الفئة الغائمة. وبالمثل

تمثل المعدلة التالية إحدى دوال الانتماء القياسية المعبرة عن كبر قيم الصفة التى تمثلها الفئة الغائمة.



$$\mu(x) = 0 \qquad , 0 \le x \le a1$$

$$= \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} \qquad , a_1 \le x \le a_2$$

$$= 1 \qquad , a_2 \mu x$$

شكل (٢-٣) : التمثيل الجرافيكى لفئة غائمة تعبر عن «الكبر»

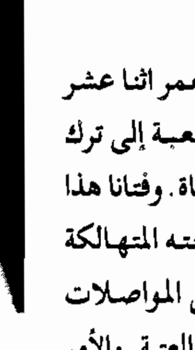
الفصل الثالث

منطـــق الغيـــوم



٣-١ روعة الغموض

«النور الوهاج كالظلام الدامس، لا يبيح للعيون قدرة الرؤية».



محمدمستجاب(*)

« .. فتانا شطة، صبى يافع له من العمر اثنا عشر عاما، دفعته ظروفه الاجتماعية الصعبة إلى ترك المدرسة الابتدائية ينغمس فى معترك الحياة. وفتانا هذا تراه صبيحة كل يوم وهو يخترق بدراجته المتهالكة تلك الشبكة بالغة التعقيد من وسائل المواصلات والتى يطلق عليها القاهريون اسم ميدان العتبة. والأمر المحير حقا هو تلك البراعة والرشاقة التى يعبر بها فتانا الميدان حاملاً فوق رأسه طاولة من العيش البلدى الساخن، لزوم إفطار العديد من قاطنى المنطقة، ولا يلقى فتانا بالا إلى تلك المواقف الصعبة التى يقابلها فى رحلته الصباحية. وهى، والحق يقال، متعددة ومتجددة لا تعرف طبيعتها التكرار. فما تفادى عربة ترام تتهادى بجسدها الممتلئ وتضاريسها «الركابية» .. ولا تجنب عربة لورى مزهوة بقدرتها على السرعة وهى محملة بأطنان من «الأمن الغذائى» .. ولا كيفية إخراج سائق عربة كارو من تأملاته الحياتية... إلا بعض منها. ولا تشغل مواجهة كل هذه المواقف فتانا عن أداء طقوس مشواره اليومى المعتادة. فنراه وهو يلقى بتحية الصباح لجرسون أحد تلك المقاهى المنتشرة فى الميدان بمجرد أن يلمح وجهه التى تطمس تقاطيعه أتربة المقطم الممتزجة بزفرات صدور أتوبيسات النقل العام، التى تسهم بهمة فى حدة أزمة الطاقة العالمية. وتراه مستمتعا بالدخول فى قافية حامية الوطيس مع أحد الزوائد البشرية لأتوبيس ينتظر بضجر ظهور لون إشارة المرور الحمراء ليستمتع بكسرها... وبالرغم من «بشرف» الضوضاء الذى تعزفه جوقة الميدان، وبسياراتها وناسها، يتمكن من تمييز صوت صديقه العجوز الذى شوهت سنوات شرب الحمية الطوال أغلب نغمات حباله الصوتية فأضحى فحيحا تزينه الخرفشات..».

يحمل لنا المشهد السابق بعضا من القدرات الفائقة التى يتمتع بها بنى البشر وتفتقدها مصنوعات الإنسان، مادية كانت أو معنوية، وليست مهارات فتانا شطة الحركية، وهى عديدة، هى بيت القصيد، بل هى قدرات عقله التى تلفت الانتباه وطبيعة المنطق الذى يتبعه فى التعامل مع مجريات أمور واقعة بالغ التشوش والتعقيد. فعقله قادر على تمييز الأصوات وإن تشوهت، وعلى التعرف على الصور وإن طُمست. وهو أيضا يتمتع بالبديهة الحاضرة التى تعنى القدرة على ابتكار الحلول

(*) كلمات لها معنى، مجلة العربى، العدد ٤٤٥، ديسمبر ١٩٩٥، ص ١٢٣ .

المبتكرة، ومواجهة المواقف غير المسبوقة، والرد السريع على الأسئلة غير المتوقعة،... فلا يوجد حتى الآن حاسوب قادر على الدخول فى قافية..!. وبالرغم من استخدام العقل البشرى لتعبيرات لغوية تعوزها الدقة وعبارات تفتقر إلى القطع ويلفها الغموض، إلا أنه قادر على التجريد والتعميم وعلى استنباط القاعدة وصياغة القانون.

ولا يحتاج الإنسان لإنجاز المهام إلى دقة فائقة، فعلى سبيل المثال يتمتع المصريون بمقدرة فائقة على «ركن» سياراتهم فى أمكنة الانتظار مهما تضاءل الحيز المتاح، وهم لا يجدون صعوبة كبيرة فى إنجاز هذا الفعل، حيث إن موقع السيارة واتجاهها فى الحيز المتوفر ليسا محددين بدقة بالغة، أى بالسنتيمتر والدرجة على سبيل المثال. وبالطبع كلما تزايدت دقة تحديد موقع ركن السيارة واتجاهها، كلما ازدادت صعوبة عملية ركنها، إلى أن تصبح فى النهاية عملية غير قابلة للتنفيذ. وتقدم لنا مشكلة ركن السيارة هذه مثالا للمشاكل التى يسهل حلها بصياغتها صياغة غير دقيقة، أى أن التسامح إزاء «**عدم الدقة**» Imprecision و«**اللاتيقن**» un-certainty هو أمر لا مفر منه لتصريف شئون الحياة، وقدرة عقل الإنسان على استغلال هذا التسامح هى التى تجعله قادرا على فهم الأصوات المشوشة، وقراءة الخطوط غير الواضحة، والتعرف على الصور المطموسة، وقيادة سيارته أو عجلته فى الميادين المزدحمة، وعبور الشوارع الغاصة بشتى أنواع وسائل المواصلات، وهى التى تمكنه من اتخاذ قرارات صائبة فى بيئة مشوشة ومعقدة وذاخرة باللامتوقعات.

ولقد صاغ لطفى زادة هذه البديهيات على هيئة مبدإ عام يعرف بـ «مبدإ اللاتوافق لزادة» Zedeh's Principle of Incompatibility . وينص هذا المبدأ على أنه:

«بازدياد تعقد المنظومة أو الظاهرة قيد الدراسة، تتناقص قدرة الإنسان على وصف سلوكها بعبارات وصيغ «**دقيقة**» وتكون فى الوقت نفسه «**ذات مغزى**»، وذلك إلى الحد الذى يصبح بعده اجتماع هاتين الخاصيتين، «**الدقة**» و«**المغزى**»، أمرًا غير ممكن».

ولهذا المبدإ لاحقة Corollary هامة تنص على أنه:

«بقدر ما تزداد نظرتنا لمشاكل الواقع اقترابا، بقدر ما تغم(*) علينا حلولها»

وهذا بالضبط ما تفعله لغة الإنسان الطبيعية باستخدامها ألفاظا وعبارات من قبيل: «**يعنى**»، و«**يمكن**»، و«**إلى حد ما**»، و«**من المحتمل**»، «**ربما**» .... ولا يؤثر وجود مثل هذه التعبيرات فى اللغات البشرية الطبيعية، على قدرتها الفائقة على التعبير عما يدور فى أذهان الناطقين بها من أفكار وتصورات، ولا على تبادلها مع الآخرين. بل على

(*) غم الشيء غما: غطاه وستره. وغم عليه الخبر استُبهم واستُعجم.

العكس من ذلك فإن تلك التعبيرات تزيد من كفاءة وقدرة هذه اللغات وتكسبها مرونة فائقة وثراء لا حدود له.

وهكذا تسفر لنا الحياة عن منطقها الذى يتقبل عن طيب خاطر عدم الدقة والغموض واللاتيقن والإبهام ويتعامل معها بكفاءة بالغة. وهنا يكمن عجز المنطق التقليدى عن التعامل مع ثراء معطيات الواقع، نظرا لعدم قدرة صيغه وتعبيراته الصارمة وبالغة الانضباط على تمثيل المعانى غير الدقيقة والمبهمة التى تذخر بها لغات الإنسان الطبيعية من ناحية، وحتى لو تمكنت صيغه من تمثيل هذه المعانى تمثيلا رمزيا فإنه يفتقر للأساليب الضرورية لاستخلاص النتائج المطلوبة منها من ناحية أخرى. وإذا كان هذا هو حال المنطق التقليدى، ثنائى القيم ومتعددها، فإنه يصبح من الضرورى البحث عن منطق جديد يتجاوز أوجه قصوره ويقترب أكثر من منطق الحياة.

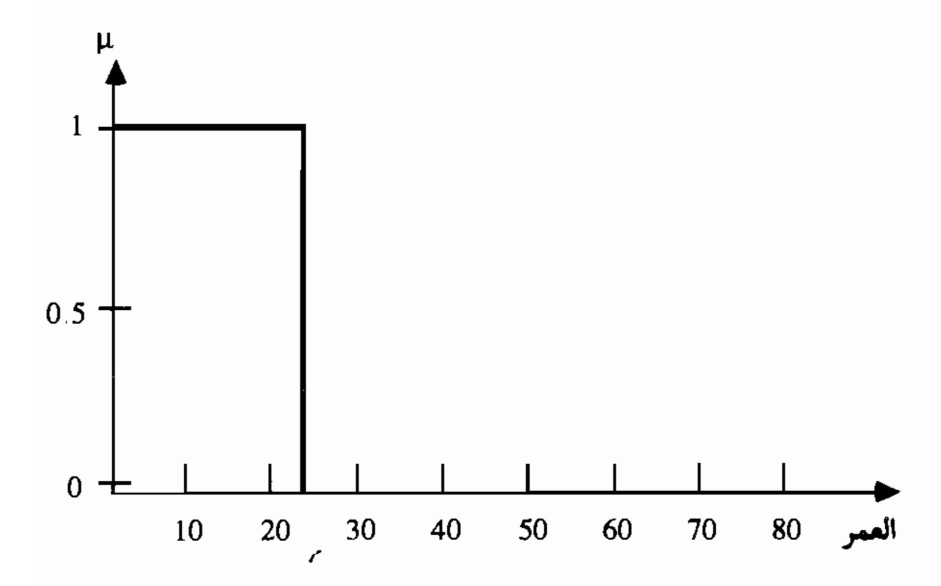
٣-٢ المتغيرات اللغوية

يلعب مفهوم «**المتغير**» Variable دوراً رئيسيًّا فى مختلف فروع الرياضيات والمنطق. و«المتغير» هو «حرف» أو «كلمة» تستخدم لتسمية واحدة من الخصائص المميزة للموضوع المطلوب وصفه. فإذا كان موضوعنا هو الإنسان فإننا نستخدم خصائص مثل: «**الطول**» (و)، و«**الوزن**» (ز) و«**العمر**» (ع)، و«**لون البشرة**» (ل)، و«**الجنس**» (ج)، لوصفه. وهذه الكلمات، أو الرموز التى تحل محلها، ليس إلا تسميات للخصائص المميزة لموضوع الدراسة، وهو فى هذه الحالة الإنسان، إلا أن تعريفنا للمتغير بوصفه «**خاصية مسماة**» لا يكتمل إلا بذكر استخدامه كحافظ لـ «**القيم**» ، فأى من تلك المتغيرات، فى حقيقة أمره، يمثل العديد من القيم المحتملة له، فمتغير «**الطول**» يمثل كافة القيم المحتملة لطول الإنسان، مثل ١٥٠ سم، ٩٠ سم، ١٧٥سم، ... ومن ثم يمكنه أن يأخذ أى قيمة منها تصف الكيان الموصوف. أما متغير «**لون البشرة**» فيأخذ قيما من قبيل «**أبيض**»، «**مائل للبياض**»، «**قمحى**»، «**أسمر**»، ... وطبيعة المتغير كحامل القيم هى التى تمكنا من استخدامه فى التمييز بين كيان وكيان آخر.

وعلى الرغم من تنوع طبيعة القيم التى يمكن لمتغير ما أن يمثلها ما بين عددية ولغوية، إلا أن الرياضيات والمنطق التقليدى قد قصرا دراستهما على نوعين فقط من أنواع المتغيرات: النوع الأول من «**المتغيرات العددية**» التى تأخذ قيما عددية فقط، أما النوع الثانى فهو «**المتغيرات المنطقية**» التى تنحصر قيمها فى قيمتين فقط هما: «**كاذب**» (ك) و«**صادق**» (ص). ويبقى النوع الثالث «**المتغيرات اللغوية**» فى انتظار

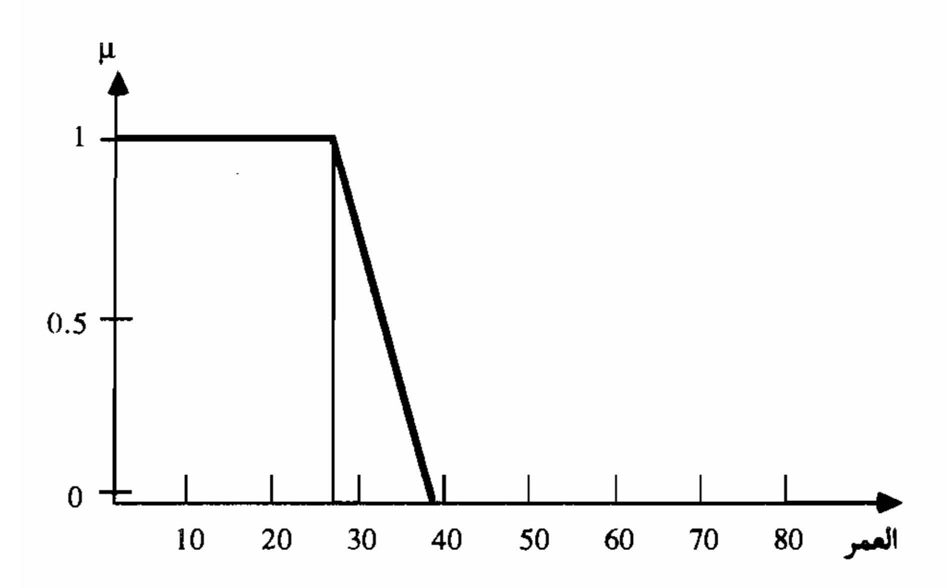
المنظومة العقلانية التى تهتم بها هى الأخرى. وكانت هذه المنظومة المنتظرة هى منظومة المنطق الجديد «**المنطق الغائم**» Fuzzy Logic التى سنعرض لملامحها فى القسم التالى.

و«**المتغيرات اللغوية**» هى المتغيرات التى يعبر عن قيمها المختلفة بواسطة كلمات أو عبارات اللغات الطبيعية للإنسان، أى كـ «**قيم لغوية**»، مثل متغير «لون البشرة» على سبيل المثال. وإذا كانت قيم متغير «لون البشرة» هى قيم لغوية فى الأساس، فإن هناك العديد من المتغيرات التى يمكن التعبير عن قيمها بأكثر من طريقة. فعلى سبيل المثال يمكن التعبير عن قيم متغير «العمر» عدديا بتخصيص عدد معين لبيان عدد سنين العمر، مثل ٥ أو ١٠ سنوات، أو ٢٠ أو ٦٥ أو ٤٠ سنة. وبالطبع تنتقى هذه الأعداد من الفئة التى تحتوى على كل الأعداد ما بين الصفر وأكبر عمر محتمل للإنسان، أى الفئة الكونية لأعمار بنى البشر. وبالطبع فإن هذه الطريقة لوصف أعمار بنى البشر طريقة دقيقة ومحددة ، إلا أن الإنسان لا يلجأ إليها فى أغلب الأحيان عندما يرغب فى وصف عمر شخص ما ، ففى العادة يلجأ الإنسان لاستخدام عبارات لغوية من قبيل ... فى «صغير»، «**ليس صغير**»، «**كبير**» ، «**ليس كبير**».. وهلم جرا، أو من قبيل فى العشرينات، فى الثلاثينات...إلخ. أى أن الإنسان يستخدم عند تقديره لعمر شخص ما أسلوبا غير دقيق وغير محدد. فوصفنا لشخص ما بأنه «شاب» قد يعنى عند البعض من يقل عمره عن ٢٥ سنة، بينما يعتبر البعض الآخر أن هذا الوصف يشمل أيضا من يقل عمرهم عن الأربعين سنة. وهذا «**التفاوت**» (أو «**اللاتحديد**» أو «**الغيمية**») المصاحب لوصفنا عمر الإنسان لغويا يمكن تمثيله على أكمل وجه باستخدام الفئات الغائمة. ويوضح الشكل (٣-١) الفئة المحددة التى تقصر مفهوم كلمة «شاب» على من تقل أعمارهم عن ٢٥ سنة، بينما يوضح الشكل (٣-٢) الفئة الغائمة التى تمثل مفهوم «شاب» آخذة فى الاعتبار تفاوت وتحديد التقديرات المختلفة لعدد سنوات هذه الصفة. وهكذا يمكن إنشاء العديد من الفئات الغائمة التى تعبر كل منها عن إحدى مراحل العمر وذلك انطلاقا من أوصافنا اللغوية لها ، مثل: صغير، ليس صغيراً، كبير، ليس كبيراً... وهلم جرا. بالطبع يمكننا الاستعانة بالقواعد الصرفية للفئات الغائمة (انظر القسم ٢-٢) لتكوين الفئات الغائمة المناظرة لقيم المتغيرات اللغوية. فعلى سبيل المثال يمكن حساب الفئة الغائمة «ليس شابا» بوصفها الفئة الغائمة «المتممة» للفئة الغائمة «شاب» (الشكل ٣-٣). ومن هذا المنطلق يمكن اعتبار استخدام «المتغيرات اللغوية» بمثابة أسلوب من أساليب «**ضغط البيانات**» Data compression ، **أو «حبحبتها»** granulation [٨] .



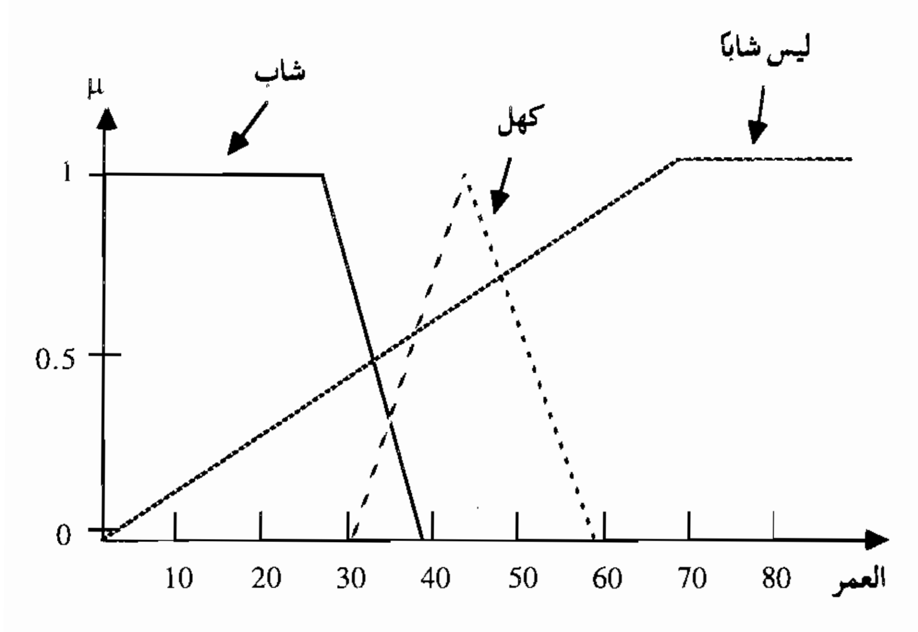
شكل (٣-١) : مخطط الفئة المحددة لصفة «شاب»

(كل من يساوى عمره ٢٥ سنة أو أقل)



شكل (٣-٢) : مخطط الفئة الغائمة لصفة «شاب»

(من يتراوح عمره بين صفر و٤٠ سنة)



شكل (٣-٣) : الفئات الغائمة الممثلة لبعض مراحل العمر المختلفة

ويمكن تكوين قيم المتغيرات اللغوية باستخدام كل من:

* «**حدود أولية**» Primary terms من قبيل: صغير، كبير، ...، والتى تعتبر كل منها بمثابة «**عنوان**» لفئة غائمة من فئات عالم المقال (أى الفئة الكونية المحددة التى تحتوى على كافة القيم الممكنة لعمر الإنسان).

* «**الروابط المنطقية**» مثل «**ليس**» (**النفى** (Negation، «**و**» (**الوصل** (Conjunction و «**أو**» (**الفصل** (Disjunction .

* «**معدلات**» modifiers («**مسوحات**» Hedges) من قبيل : ليس تماما، إلى حد ما، كثير.

٣-٣ المنطق الجديد

والآن وبعد أن عرضنا لمفهوم «**المتغيرات اللغوية**» التى استحدثها لطفى زادة واستخدم فئاته الغائمة فى تمثيلها، يحين وقت التساؤل عن كيفية استخدامها فى تصريف الأمور. وهنا يتقدم للإجابة على هذا التساؤل المنطق الجديد «**المنطق الغائم**» Fuzzy Logic الذى يهدف إلى «نمذجة» وصياغة أساليب «**الاستدلال غير الدقيق**» imprecise reasoning التى غالبا ما يستخدمها الإنسان فى حياته اليومية فتمكنه من التصرف الكفء والفعال والحكيم فى بيئته المفعمة بالأحداث المبهمة والظواهر المشوشة، ويكمن السر فى نجاح الإنسان الملحوظ وقدرته الفائقة على استنتاج إجابات تقريبية وإيجاد حلول غير مثالية، ولكنها فعالة لما قد يطرح عليه من أسئلة أو يواجهه من مواقف طارئة، وذلك انطلاقا من معارفه وخبراته السابقة التى

غالبا ما تكون، هى الأخرى، غير دقيقة وغير مكتملة. فعلى سبيل المثال لا يلقى الإنسان مشقة فى الإجابة على أسئلة من قبيل:

* إذا كان الانتقال بالسيارة من شبرا إلى العباسية يتطلب (**فى العادة**) (**حوالى**) نصف ساعة، ومن العباسية إلى مدينة نصر ثلث ساعة (**تقريبا**)، فكم من الوقت إذن يستغرقه الانتقال من شبرا إلى مدينة نصر عبر العباسية؟

* إذا كان (**أغلب**) قاطنى حى جاردن سيتى من (**مرتفعى الدخل**)، وكان علىّ من قاطنى هذا الحى، فما هو تقديرك لمستوى دخل علىّ؟

* تستهوى ذوات الشعر الأصفر والعيون الملونة (**معظم**) الرجال المصريين، وشرين تتمتع بهاتين الميزتين، أتراها ستلفت انتباه على؟

ولكن ما هو المقصود من عبارة «**المنطق الغائم**»؟... وما الذى تنطوى عليه من معان ومضامين؟. يجيب البعض على هذه التساؤلات بأن «المنطق الغائم» هو منظومة منطقية تهدف إلى صياغة «**الاستدلال التقريبى**» Approximate resoning «**صياغة مقننة**» Formal، وهو من هذا المنظور يعتبر سليل المنطق متعدد القيم الذى عرضنا له فى الفصل الأول. ولكنه، وبالرغم من صلة الرحم هذه بالمنطق متعدد القيم، فإنه يتميز عنه باحتوائه على مفاهيم جديدة لم يتعرض لها سلفه من قريب أو بعيد مثل: «المتغيرات اللغوية»، و«القواعد الشرطية الغائمة». وينظر البعض الآخر للمنطق الغائم بوصفه «**نظرية للأشياء (الأصناف) ذات الملامح المبهمة وغير المحددة**»، أى أن حدوده تتطابق مع حدود «نظرية الفئات الغائمة». ويعتبر أصحاب هذه النظرة أن «الصياغة المقننة للاستدلال التقريبى» ليست إلا إحدى فروع نظرية عامة، وأكثر شمولا للتعامل مع الغموض والإبهام وعدم الدقة فى إدراك الإنسان لواقعه وفى أساليب تعبيره المختلفة عن هذا الإدراك، أى «نظرية الفئات الغائمة». واليوم تلقى هذه النظرة الأكثر شمولا للمنطق الغائم قبولا لدى المهتمين به على الصعيدين النظرى والعملى.

ويتمتع المنطق الغائم بالعديد من الصفات التى تميزه عن المنطق التقليدى، سواء كان ثنائى القيم أو متعددها، ومن أبرز هذه الصفات الصفات التالية [٩]:

*** إمكانية التعبير عن تدرج درجة مصداقية القضايا (أى الاتصال مقابل التقطع)**

تقتصر قيم صدق أى «**قضية**» proposition من القضايا المنطقية من منظور المنطق التقليدى ثنائى القيم؛ على قيمتين فقط هما «**صادق**» (**ص**) و«**كاذب**» (**ك**)، تشكلان سويا عناصر فئة قيم مصداقية (أحكام) هذا المنطق، أى أن:

$$T_2 = \{0 , 1\}$$

بينما تتعدد قيم صدقها فى النظم المنطقية متعددة القيم طبقا لرتبتها. ففئة أحكام المنطق **«ثلاثى القيم»** هى:

$$T_3 = \{0 , 1/2, 1\}$$

وبالنسبة للمنطق **«رباعى القيم»** هى عناصر الفئة المحددة التالية:

$$T_4 = \{0 , 1/3, 2/3, 1\}$$

أما بالنسبة للمنطق **«خماسى القيم»** فهى عناصر الفئة المحددة:

$$T_5 = \{0 , 1/4, 1/2, 3/4, 1\}$$

وهكذا بالنسبة للنظم المنطقية الأعلى رتبة.

وبالرغم من تزايد عدد قيم مصداقية (أحكام) المنطق التقليدى بارتفاع رتبته، إلا أنها تبقى قيماً متقطعة تقفز من قيمة إلى التى تليها متجاوزة ما قد يكون بينهما من قيم. وعلى عكس هذا فإن المنطق الغائم يسمح بتدرج هذه القيم وبالتعبير عنها لُغويا. فعلى سبيل المثال إذا نظرنا للجملة الخبرية (القضية proposition) التالية:

عمرو صغير

لوجدنا أن المنطق التقليدى ثنائى القيم يعبر عن مصداقيتها كما يلى:

(عمرو صغير) قضية (صادقة)

[أى أن قيمة صدقها 1 ، عاكسة بذلك صواب العبارة المطلق]

(عمرو صغير) قضية (كاذبة)

[أى أن قيمة صدقها 0 ، عاكسة بذلك خطأ العبارة المطلق]

بينما يعبر المنطق الغائم عن مصداقيتها بالطرق التالية:

(عمرو صغير) قضية (صادقة)

(عمرو صغير) قضية (صادقة بالكاد)

(عمرو صغير) قضية (صادقة إلى حد ما)

(عمرو صغير) قضية (صادقة.....)

....

....

(عمرو صغير) قضية (كاذبة)

(عمرو صغير) قضية (كاذبة جداً)

(عمرو صغير) قضية (كاذبة....)

....

أى أن المنطق الغائم يوفر لمستخدمه عددا غير محدود ومتدرجا لمصداقية أى قضية مطروحة.

*** إمكانية التعامل مع محمولات غائمة**

يمكن كتابة القضية (الجملة الخبرية)

عمرو صغير

على الهيئة التالية (الهيئة الحملية):

صغير (عمرو)

وهى الهيئة التى تفصل بين «**موضوع**» Object القضية، وهو فى حالتنا هذه «**عمرو**»، أى الكيان الذى يحكم له بثبوت شىء، وبين «**محمولها**» Predicate، وهو فى حالتنا هذه «**صغير**»، أى ما يحكم بثبوته لموضوع القضية أو صفته. وتتيح لنا هذه الهيئة، الهيئة الحملية، التركيز على محمل القضية بغض النظر عن موضوعها إذ يمكن كتابة هذه القضية على الصورة العامة التالية:

صغير (س)

حيث ترمز **س** إلى أى موضوع نرغب فى وصفه بالصغر. وصفة الصغر هذه وغيرها، أى محمول القضية، يمكن تمثيلها كفئة غائمة من الفئة الغائمة التى تكون الفئة الكونية لعمر الإنسان.

*** تنوع وتعدد المقيدات (المكممات)**

يستخدم المنطق التقليدى كلمتى «كل» و«بعض» للتعبير عن مدى تمتع أفراد موضوع قضية ما بالخاصية التى يعبر عنها محمولها. فعلى سبيل المثال إذا تأملنا الجملة الخبرية التالية::

كل إنسان فان

أو صورتها الحملية

{كل} فان (إنسان)

لوجدنا أنها تعبر عن انطباق صفة «الفناء» على كل بنى البشر. وبالطبع فإننا نستشف هذه العمومية من وجود كلمة «كل». أما إذا نظرنا للجملة الخبرية التالية:

بعض الحيوانات أليفة

أو صورتها الحملية

{بعض} أليف (حيوان)

لتبيّنا من وجود كلمة «**بعض**» أن صفة الألفة هذه لا تنطبق إلا على بعض الحيوانات فقط وليس كلها .

وتعرف هاتان الكلمتان، «**كل**» و«**بعض**»، فى لغة المناطقة بالـ «**مقيدات**» أو بالـ «**مكممات**» Quantifiers. ولا يتيح المنطق التقليدى، أيًا كانت رتبته، سوى هذين المقيدين. وعلى العكس من هذا يوفر المنطق الغائم، بالإضافة إليهما، تشكيلة من المقيدات التى تمكن الإنسان من وصف معطيات واقعه المتنوعة بشكل أكثر واقعية من قبيل: «**أغلب**»، «**حوالى**»، «**معظم**»، «**العديد**»، «**في العادة**»، «**دوما**»، «**أحيانا**»،....

*** القدرة على تمثيل «معدلات المحمول»**

عند سؤال أفراد جماعة ما عن رأيهم فى جمال فتاة ما، ولنمنحها اسم سارة، فإن إجاباتهم قد تأخذ الصورة التالية:

سارة جميلة

سارة جميلة (**جداً**)

سارة جميلة (**إلى حدّ ما**)

سارة جميلة (**للغاية**)

سارة جميلة (**قليلاً**)

سارة (**ليست**) جميلة

أى أن صفة الجمال (محمول القضية) التى يحكم بثبوتها من عدمه لسارة

(موضوع القضية) تتفاوت شدتها من شخص لآخر. وهو التفاوت الذى تعكسه الكلمات والعبارات التالية: «**جداً**»، «**إلى حد ما**»، «**للغاية**»، «**قليلا**»، «**ليست**». وهذه الكلمات وغيرها تعرف بـ «**معدلات المحمول**» predicate-modifier . ويتميز المنطق الغائم بقدرته على التعبير عن هذه المعدلات،سواء كانت ممثلة بواسطة فئات محددة أو فئات غائمة.

*** تعدد وتنوع موصفات القضايا**

توصف القضايا، من منظور المنطق التقليدى، بادئ ذى بدء بتعيين **قيمة صدق** القضية المطروحة، أى كونها صادقة أو كاذبة. وبالإضافة إلى هذا التوصيف يوجد «**التوصيف الحدوثى**» Modal qualification لها، الذى يقرر مدى إمكانية حدوثها ويتم إبرازه باستخدام كلمات مثل: «**ممكن**»،و«**ضرورى**»؛ و«**التوصيف الاعتقادى**» Intentional qualification الذى يحدد طبيعة اعتقاد قائلها فيها، وتبرزه كلمات مثل: «**يعرف**» و«**يعتقد**»، وتتضح هذه الجوانب الوصفية الثلاثة من تأمل العبرة التالية:

(**من المعروف**) أن (**الجو سيكون ممطرا**) هو أمر (**محتمل**)

فالجملة الخبرية «الجو سيكون مطيرا» هى القضية (الجملة الخبرية) التى لها قيم صدق، بينما تصف عبارة «من المعروف» الحالة الاعتقادية لها، أما كلمة «محتمل» فتصف درجة حدوثها.

ويوفر المنطق الغائم ثلاثة أشكال رئيسية لتوصيف القضايا modes of qualifi-cations، فعلى سبيل المثال إذا اعتبرنا القضية التالية:

الدنيا ربيع

فإن أشكال توصيفها الثلاثة، طبقا للمنطق الغائم، تصبح كما يلى:

*** توصيف المصداقية truth-qualification**

(**الدنيا ربيع**) (**ليست صحيحة تماما**)

حيث تعبر العبارة «**ليست صحيحة تماما**» عن قيمة صدق القضية «**الدنيا ربيع**».

*** توصيف الاحتمالية probability-qualification**

(**الدنيا ربيع**) (**غير محتمل**)

حيث تعبر عبارة «**الدنيا ربيع**» عن قدر احتمال حدوث القضية.

* **توصيف الإمكانية possibility-qualification**

(**الدنيا ربيع**) (**ليست صحيحة تماما**)

(**الدنيا ربيع**) أمر (**غير ممكن إلى حد كبير**)

حيث تصف عبارة «**غير ممكن إلى حد كبير**» قدر إمكان حدوث القضية.

٣-٤ الاستدلال بالكلمات

والآن وبعد أن عرضنا لمفهوم «**المتغيرات اللغوية**»، هذا المفهوم الذى استحدثه لطفى زادة واستخدم فئاته الغائمة في التعبير عنه، لينشئ بذلك لغة رياضية جديدة تقترب أكثر من واقع الحياة؛ وبعد أن قدمنا للقارئ المنطق الجديد، «**المنطق الغائم**»، هذه الآلة الذهنية المستحدثة خصيصا للتعامل مع المتغيرات اللغوية، وعرضنا لملامحه الخاصة التى تميزه عن المنطق التقليدى بمختلف رتبه؛ يحين وقت التساؤل عن كيفية استخدام هذه الآلة الذهنية فى التعامل مع المتغيرات التى تصف أحداث الواقع وكياناته لنستخلص منها ما قد ينفعنا فى التعامل معها. إنه إذن السؤال عن كنه وطبيعة «**الاستنتاج الغائم** Fuzzy Inference»، هذا النوع من أنواع الاستنتاج المختلفة الذى يسعى إلى محاكاة ما يستخدمه عقل الإنسان من آليات لتقصى الحقائق ولاتخاذ القرارات. ويقوم «**الاستنتاج الغائم**» على قاعدتين:

* **قاعدة الاستلزام الغائم Fuzzy Implication**
* **قاعدة التركيب للاستنتاج Compositional Rule of Inference**

وهما القاعدتان التى سنتعرض لهما تفصيلياً قبل عرض بعض الأمثلة التطبيقية للاستنتاج الغائم مثل «**مشاعر الخطيب الخائب**» و«**الطيب الحائر**».

قاعدة الاستلزام الغائم

يعرف النحاة الجملة الشرطية أو (الأسلوب الشرطى) بأنها كل ما اتخذ الهيئة التالية:

(جواب الشرط أو محموله)	رابطة الجواب	(جملة الشرط أو موضوعه)	أداة الشرط
(اذهب إلى الطبيب)	فـــــ	(مرضت)	(١) إذا
(ليس مننا)	فـــــ	(أفشى سرنا)	(٢) من
(لن تنال هديتى)	فـــــ	(خالفتنى)	(٣) إن
(تمدد)	....	(سخن الحديد)	(٤) إذا
(تنجح)	....	(تعمل)	(٥) إن
(وجد)	....	(جد)	(٦) من
(تزدحم الإسكندرية)	....	(يأتِ الصيف)	(٧) متى
(تخصب الأرض)	....	(يجرِ النيل)	(٨) حيثما
(يعاملوك)	....	(تعامِل الناس)	(٩) كيفما

وكان الأسلوب الشرطى المستخدم فى اللغات الطبيعية هو النموذج الذى استلهمه المناطقة، بعد أن بسطوه وجردوه، ليصوغوا على غراره إحدى قواعدهم الشهيرة لإستخلاص الحقائق، وهى صيغة «**الاستلزام**» Implication التى تأخذ الهيئة التالية:

IF P THEN Q

إذا **P** فـــــ **Q**

كما يمكن كتابتها على الصورة الرمزية التالية:

$$P \Rightarrow Q$$

حيث P جملة خبرية (قضية) تعرف بـ «**المقدم**» Antecedent ، و Q جملة أخرى (قضية) تعرف بـ «**اللازم**» Consequent، وحيث يعبر الرمز (⇐) عن الصيغة (**إذا ... فـــــ**). وبالطبع تنحصر قيم مصداقية كلٍ من القضيتين P و Q ، من منظور المنطق التقليدى، فى قيمتين فقط، فأى منهما إما أن يكون كاذبا مائة فى المائة، أو أن يكون صادقا مائة فى المائة. وهكذا تبرز مرة أخرى مسألة تدرج الخطإ والصواب التى تتبدى فى التعبيرات اللغوية،ويعجز عن تمثيلها المنطق التقليدى. هذا بالإضافة إلى أن صيغة الاستلزام هذه لا يمكنها تمثيل التنوع الذى يوفره الأسلوب الشرطى اللغوى (تأمل على سبيل المثال «لازم» الجملة رقم (١) المكتوبة بصيغة الأمر، والجملة رقم (٩) التى لا تعبر مكوناتها، أى «مقدمها» و«لازمها»، صراحة عن المقصود من كلمة «التعامل»).

ولا يقتصر عجز صيغة «**الاستلزام**»، فى صورتها التقليدية، على هذا فقط، بل يتعداه ليشمل قدرتها على تمثيل الواقع تمثيلا صحيحا. فالمناطقة ينظرون إلى الصيغة $(P \Rightarrow Q)$ بوصفها قضية مركبة من القضيتين الأوليتين (الذريتين atomic) P و Q ، ومن ثم تتوقف قيمة صدقها ككل على قيم صدق القضايا المكونة لها، وذلك طبقا للجدول التالى:

P	Q	$P \Rightarrow Q$
T (ص)	T (ص)	T (ص)
T (ص)	F (ك)	F (ك)
F (ك)	T (ص)	T (ص)
F (ك)	F (ك)	T (ص)

أى أن القضية المركبة $P \Rightarrow Q$ صحيحة فى كافة الحالات إلا فى حالة كون «اللازم» كاذب. وهذا بدوره يقودنا إلى مأزق، فالقضية المركبة.

إذا (زقزقت العصافير فى الصباح)

فـــــ (سيجذب مسلسل ليالى الحلمية أنظار المشاهدين)

فى عرف المنطق التقليدى، قضية صحيحة تماما على الرغم من أنه لا توجد أى علاقة بين زقزقة العصافير وإعجاب المشاهدين بمسلسل ليالى الحلمية، وهكذا تصبح العبارة السابقة فارغة من المضمون، ومجردة من المعنى، وفاقدة الصلة بما يحدث فى الواقع المعيش. إنه وضع شبيه بمن يقول جملة صحيحة نحوية ولكن لا معنى لها فى أذهان السامعين.

وجاء المنطق الغائم ليحتفظ بصيغة «الاستلزام» شكلا، وإن غيرها موضوعا. فمن ناحية يشترط هذا المنطق وجود علاقة واقعية بين موضوعات القضايا الداخلية فى تكوين «جملة الشرطية» (أو «صيغ استلزامه» أو «قواعد إنتاجه»)، أى بين «المقدمات» و«اللوازم». وعليه تصبح الجملة الشرطية السابقة غير مقبولة من منظور المنطق الغائم، لانتفاء وجود أى علاقة بين زقزقة العصافير وإعجاب المشاهدين بمسلسل ليالى الحلمية. هذا بالإضافة إلى التعدد اللانهائى وتدرج قيم مصداقية هذه القضايا، حيث إنها تأخذ أى قيمة بين الصفر والواحد الصحيح. ومن ناحية أخرى يستخدم المنطق الغائم مفهوم المتغيرات اللغوية فى التعبير عن موضوعات القضايا المكونة لجمله الشرطية. فعلى سبيل المثال يمكن باستخدام هذا المفهوم كتابة «**صيغ استلزام**» (أو «**جمل شرطية**» أو «**قواعد إنتاج**») من قبيل:

[١] **إذا** (كان الجو حاراً) **فـــــ** (اجعل سرعة المروحة كبيرة)

[٢] **إذا** (كان الجو معتدلاً) **فـــــ** (اجعل سرعة المروحة متوسطة)

[٣] **إذا** (كانت المرأة بدينة) **فـــــ** (سيحتاج لسعرات حرارية قليلة)

[٤] **إذا** (كان الرجل نحيفا) **فـــــ** (سيحتاج لسعرات حرارية كثيرة)

وهنا نلاحظ أن القاعدتين الأولى والثانية تستخدمان المتغيرات اللغوية (**حاراً** ، **معتدلاً**) اللذين يمكن تمثيلهما كفئات غائمة معرفة على الفئة الكونية لكافة القيم الممكنة لدرجة حرارة الجو، و(**كبيرة**، **متوسطة**) اللذان يمكن تمثيلهما كفئات غائمة معرفة على الفئة الكونية لكافة القيم المحتملة لسرعة دوران المروحة. وبالمثل نجد القاعدتين الثالثة والرابعة تستخدمان المتغيرات اللغوية (**بدين**، **نحف**) المعرفان على الفئة الكونية لقيم الوزن الممكن للإنسان، و(**قليل**، **كثير**) المعرفان على الفئة الكونية التى تضم كافة الأرقام التى يمكن للإنسان استخدامها للتعبير عن الكبز أو الصغر. هذا ويمكن اعتبار مجموع الجمل الشرطية (**صيغ الاستلزام**، **قواعد الإنتاج**) التى تعبر عن موضوع بعينه، مثل «ارتباط سرعة المروحة بدرجة حرارة الجو» أو «توقف عـدد السعرات الحرارية اللازمة للإنسان على وزنه»، بوصفها عناصر علاقة غائمة بين فئتين كونيتين (انظر القسم ٢-٣). فالقاعدتان الأولى والثانى يمكن اعتبارهما عنصرين من عناصر علاقة غائمة بين فئتين كونيتين: الأولى هى الفئة الكونية التى تضم كافة القيم الممكنة لدرجة حرارة الجو، والثانية هى الفئة الكونية التى تضم كافة القيم المحتملة لسرعة دوران المروحة. وبالمثل يمكن اعتبار القاعدتين الثالثة والرابعة كعنصرين من عناصر علاقة غائمة بين فئتين كونيتين: الأولى هى الفئة الكونية لقيم الوزن الممكن للإنسان، والثانية الفئة الكونية التى تضم كافة القيم العددية التى يمكن للإنسان استخدامها للتعبير عن كبر أو صغر شيء ما.

قاعدة التركيب:

تعتبر «**قاعدة التركيب للاستنتاج**»، التى صاغها لطفى زادة لتكون أداة منطقة للاستدلال بواسطة الكلمات (أو المتغيرة اللغوية)، هى الصورة الأشمل والأعم لإحدى صيغ الاستدلال الشهيرة للمنطق التقليدى والمعروفة بـ «**صورة الوضع للاستنتاج الحملى الشرطي**» modus ponens . ولفهم هذه الصورة سنفترض أنه لدينا الجملة الشرطية (أو صيغة الاستلزام) التالية:

إذا (**أمطرت السماء**) **فـــــ** (**ستبتل ملابسك**)

التى تعبر عن خبرتنا السابقة عما يحدث عند سقوط الأمطار، وكان الوضع الحالى تتضمنه الجملة الخبرية (أو القضية)

(السماء ممطرة)

فإننا نستنتج على الفور انطلاقا من خبرتنا السابقة كما تمثلها الجملة الشرطية ومن الوضع الحالى كما تعبر عنه الجملة الخبرية أن:

(ملابسك ستبتل)

هذا ويمكن كتابة عملية الاستدلال المنطقى هذه على **«صورة الوضع للاستنتاج الحملى الشرطى»** كما يلى:

(أمطرت السماء) ⇐ (ستبتل ملابسك) [**صيغة الاستلزام التى تمثل الخبرة السابقة**]

(السماء ممطرة) [**الجملة الخبرية التى تصف الوضع الراهن**]

....

إذن (ملابسك ستبتل) [**النتيجة المستقاة من صيغة الاستلزام والجملة الخبرية**]

والآن، وبعد تعريف العلاقة الغائمة **R** التى تربط بين فئتين كونيتين **U** و **V** بوصفها مجموع صيغ الاستلزام (الجمل الشرطية، قواعد الإنتاج) الغائمة بين عناصر هاتين الفئتين والتى تمثل معرفتنا وخبرتنا حول موضوع ما، يمكن صياغة «قاعدة التركيب للاستنتاج الغائم» لغوياً على هيئة السؤال التالى:

كيف يمكن حساب الفئة لغائمة **Y** المعرفة على **V** والتى تنشأ نتيجة لوجود العلاقة الغائمة **R** بين **U** و **V**، وذلك بمعلومية الفئة الغائمة **X** المعرفة على **U**؟

فعلى سبيل المثال إذا علمت العلاقة الغائمة بين وزن الإنسان وعدد السعرات الحرارية اللازمة له (أى مجموع الجمل الشرطية المشابهة للجملتين ٣ ، ٤) وعلم المتغير اللغوى (الفئة الغائمة) الذى يصف وزن شخص ما، فإنه يصبح من الممكن حساب المتغير اللغوى (الفئة الغائمة) الذى يعبر عن قدر السعرات الحرارية اللازمة له.

هذا ويمكن تمثيل قاعدة **«التركيب للاستنتاج الغائم»** رمزياً على الصورة التالية:

$$Y = X \circ R$$

حيث يعبر الرمز (o) عن **«تركيب»**(*) كل من الفئة الغائمة **X** مع العلاقة

(*) (للقارئ الملم بالرياضيات) تشبه قاعدة تركيب علاقتين أو علاقة مع فئة قاعدة ضرب المصفوفات.

الغائمة R المعلومتين للحصول على الفئة الغائمة المجهولة Y . هذا ويمكن التعبير عن هذه القاعدة بدلالة دوال انتماء كل من X و R و Y كمايلى:

$$\mu_Y (y) = \max_{x \varepsilon X} \{\min [\mu_X (x), \mu_R (x,y)]$$

فعلى سبيل المثال[1] إذا مثلت دالة الانتماء لعناصر الفئة الغائمة **X** على الهيئة التالية (متجهة أو مصفوفة من ثلاثة أعمدة وصف واحد):

$$X = [0.2 \quad 1 \quad 0.3]$$

ومثلت دالة الانتماء لعناصر العلاقة الغائمة **R** على صورة المصفوفة الثلاثية (ثلاثة أعمدة، ثلاثة صفوف) التالية:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \mathbf{0.8} & \mathbf{0.9} & \mathbf{0.2} \\ \mathbf{0.6} & \mathbf{1} & \mathbf{0.4} \\ \mathbf{0.5} & \mathbf{0.8} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

فإن حساب دالة الانتماء لعناصر الفئة الغائمة Y يتم باستخدام المعادلة:

$$\mu_Y (y_j) = \max_{j} \{\min [\mu (x), \mu (rij)]$$

فعلى سبيل المثال تتم حساب قيمة دالة انتماء العنصر y1 من عناصر الفئة الغائمة المجهولة Y كمايلى:

$$\mu_Y (y_j) = \max_{1} \{\min [\mu (x), \mu (r11)], \min [\mu (x2), \mu (r21)], \min [\mu (x3), \mu (r31)]\}$$

$$= \max_{1} \{\min [0.2, 0.8], \min [1, 0.6], \min [0.3 , 0.5]$$

$$= \max_{1} \{\min [0.2, 0.6, 0.3]$$

$$= 0.6$$

وبالمثل يمكن قيم دالة انتماء بقية عناصر الفئة الغائمة المجهولة Y التى يمكن التعبير عنها كما يلى:

$$\mathbf{Y = [\ 0.6 \quad 1 \quad 0.4]}$$

(*) ليس من الضرورى تتبع عمليات حساب دوال الانتماء، فالقصد هو إعطاء فكرة عن كيفية إجرائها.

أى أن تنفيذ «**الاستنتاج الغائم**» يتم عبر الخطوتين التاليتين:

* تحديد العلاقة الغائمة بين فئتى عالمى مقال (الفئتين الكونيتين) الموضوع قيد الدراسة، أى حساب «**الاستلزام الغائم**» بينهما؛
* حساب النتيجة المطلوبة باستخدام «**قاعدة التركيب**».

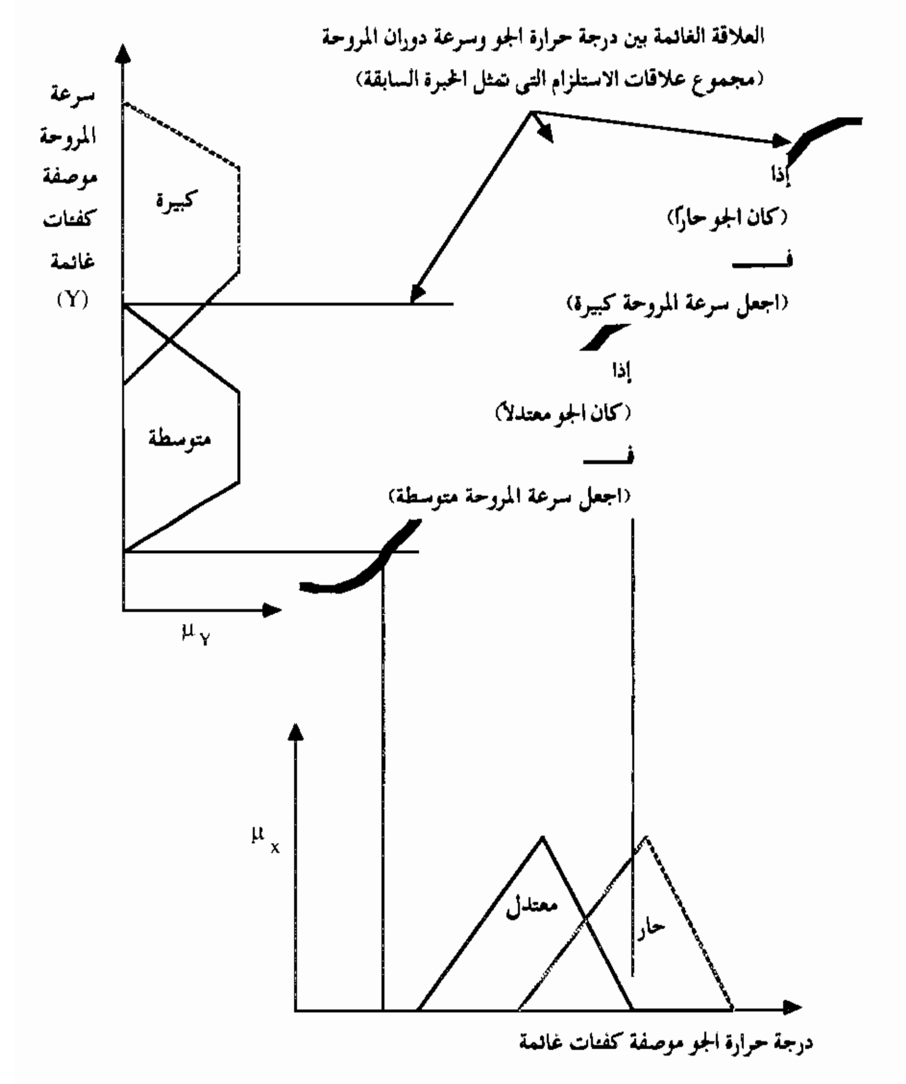
أى أنه باختصار

IF X THEN Y BY R

أو

إذا **X** إذن **Y** بمعلومية العلاقة **P**

هذا ويوضح الشكل (٣-٤) مخطط لعملية الاستنتاج الغائم.



شكل (٣-٤): تمثيل بيانى للاستنتاج الغائم

٣-٥ مشاعر الخطيب الخائب

والآن وبعد أن استغرقنا الرموز طويلا، آن الأوان لنرى كيفية استخدام أسلوب الإستنتاج الغائم في تقدير ما ستكون عليه مشاعر شاب تقدم لخطبة فتاة أعجبته، وجاء ردها غير موات. ونقطة البداية هى تحديد فئتى عالمى المقال المتعلقين بهذا الأمر، وأول هذه الفئات هى الفئة الكونية X التى تحتوى على كافة الردود الممكنة للفتاة المطلوب خطبتها، أى أن:

X = {قبول (x_1)، رفض (x_2)، طلب مهلة للتفكير (x_3)، طلب مقابلة العائلة (x_4) ، ضحكة ساخرة (x_5)، دموع الفرح (x_6) }

هذا ويمكن التعبير عن استجابة الفتاة للشاب المولع بها والراغب فى خطبتها بواسطة الفئة الغائمة M المعرفة على الفئة الكونية X والتى تتكون من الردود المحتملة للفتاة، وقيمة دالة انتماء كل منها. وتعبر دالة الانتماء لهذه الفئة، $\mu M(x)$ ، عن درجة تيقن الشاب من تضمن استجابة الفتاة لرد بعينه. فعلى سبيل المثال يمكن تمثيل إحدى الاستجابات المحتملة للفتاة بواسطة الفئة الغائمة التالية:

M = { رفض (x_2)/0.97 + ضحكة ساخرة (x_5)/0.8}

أى أن استجابتها لطلب الشاب قد تأخذ هيئة رفض شبه قاطع (0.97) مصحوب غالبا بضحكة ساخرة (٠,٨) .

أما فئة عالم المقال الثانية اللازمة لوصف موضوعنا فهى الفئة الكونية Y التى تحتوى على كافة أنواع المشاعر التى قد تنتاب المتقدم لخطبة الفتاة بعد تلقيه ردها، أى أن:

Y = {سعادة (y_1)، ألم (y_2)، اندهاش (y_3)، غضب (y_4) ، صبر (y_5)، نفاذ صبر (y_6) تأثر (y_7) }

وانطلاقا من هذه الفئة يمكن تعريف الفئة الغائمة **R** لتمثل رد فعل (مشاعر) الشاب بعد معرفته لاستجابة الفتاة، ودالة الانتماء لهذه الفئة، $\mu_R(y)$، تعبر عن درجة رد فعل الشاب حال تلقيه رد الفتاة **M**. وهذه الفئة هى الفئة التى نرغب فى تعيينها بواسطة آلية الاستنتاج الغائم.

وبعد تعريف الفئات الكونية التى تصف موضوعنا، تبدأ أولى خطوات الاستنتاج الغائم بتحديد العلاقة الغائمة A بين الفئتين X و Y التى تعكس دالة الانتماء إليهم، $\mu_A(y, x)$، مدى اتساق رد فعل الشاب (أو شعوره) y لرد الفتاة x. ويمثل الجدول التالى هذه العلاقة فى حالتنا هذه:

عناصر الفئة الكونية لردود الفتاة

عناصر الفئة الكونية لمشاعر الشاب	(x_1) قبول	(x_2) رفض	(x_3) طلب مهلة للتفكير	(x_4) طلب مقابلة العائلة	(x_5) ضحكة ساخرة	(x_6) دموع الفرح
(y_1) سعادة	0.9	0	0.2	0	0	1
(y_2) ألم	0	0.9	0.1	0.2	1	0
(y_3) اندهاش	0.1	0.9	0.2	0.9	1	0.3
(y_4) غضب	0	0.5	0	0.6	0.7	0
(y_5) صبر	0.1	0	0.9	0	0	0.5
(y_6) نفاذ صبر	0	0.3	0.2	0.3	0.4	0
(y_7) تأثر	0.9	0	0.9	0.3	0	1

فعلى سبيل المثال إذا قوبل طلب الشاب بـ **«ضحكة ساخرة»** من الفتاة (أى x_5) فإن شعوره لابد وأن يكون **«ألما»** (أى y_2)، أى أن:

$$\mu A \ (y_2 , x_5) = 1$$

وبالطبع لا يمكن أن يكون **«صبرا»** (أى y_5) ، أى أن:

$$\mu A \ (y_2 , x_5) = 0$$

وبعد تحديد العلاقة الغائمة بين الفئتين الكونيتين X ، Y ، تستخدم «قاعدة التركيب» التالية:

$$R = M \circ A$$

أو بصورة أخرى

$$\mu_R (y) = \max_{x \in X} \{\min [\mu_M (x), \mu_A (x,y)]$$

لحساب الفئة الغائمة R التى تمثل مشاعر الشاب بعد تلقيه رد الفتاة التى تمثله الفئة الغائمة M . وتسفر الحسابات عن الفئة العائمة التالية:

R = {ألم $0.9/(y_2)$، اندهاش $0.9/(y_3)$، غضب $0.7/(y_4)$ ، نفاذ صبر $0.4/(y_6)$ }

أى مشاعر هذا الشاب هى مزيج من الألم والاندهاش الشديدين المصحوبين بغضب، والمشوبين ببعض من نفاذ الصبر...!

المراجــع

(١) عبد الرحمن بدوى، المنطق الصورى والرياضى، الطبعة الخامسة، وكالة المطبوعات، الكويت، ١٩٨١ .

(2) A. Getmanova, **Logic**, Progress Publishers, Moscow, 1989.

(3) B. Russel, **Vagueness**, Austrial J. Philosophy, No. 1, 1023, pp. 84 - 92 .

(4) L. A. Zadeh, **Fuzzy Sets**, Information and Control, Vol. 8, pp. 338 - 353 .

(5) T. Munakata and Y. Jani, **Fuzzy Systems: An Overview**, Comm. of the ACM, Vol. 37, No, 3, 1994, pp. 69-76.

(6) L. A. Zadeh, **Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes**, IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-3, No. 1, 1973, pp. 28-44.

(7) G. Klir and T. Folger, **Fuzzy Sets, Uncertainty and Information**, Prentive Hall, 1988 .

(8) L.A. Zadeh, **Soft Computing**, Comm. of ACM, vol. 37, No, 3, 1994, pp. 77 - 84 .

(9) L. A. Zadeh, **Fuzzy Logic**, IEEe Computer, April 1988, pp. 83-92.

(10) B. Kosko and S. Isaka, **Fuzzy Logic**, Scientific American, July 1993, pp. 62-67.

(11) G. J. Klir, Is **There More To Uncertainty Then Some Probability Theorists Migh Have Us Belivev**?, Int. J. General Systems, Vol. 15, pp. 247 - 378 .

رقم الإيداع: ٢٠٠٦/٢٢٢٠٦

مطابع الدار الهندسية/القاهرة
تليفاكس: ٥٤٠٢٥٩٨ محمول: ٠١٢٢٣٤٩٠١١